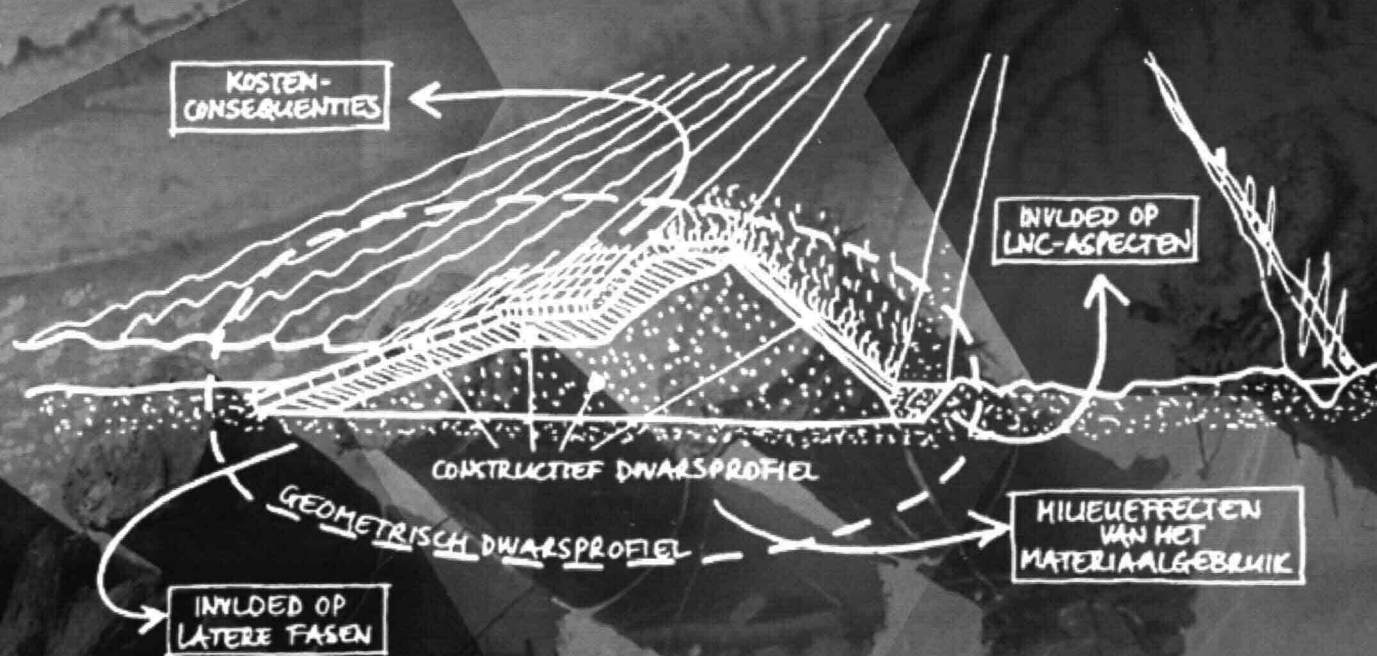


# Keuzemodel kust- en oeverwerken

een ontwerpondersteunend model  
voor de beoordeling van effecten op  
milieu-, LCN- en kostenaspecten

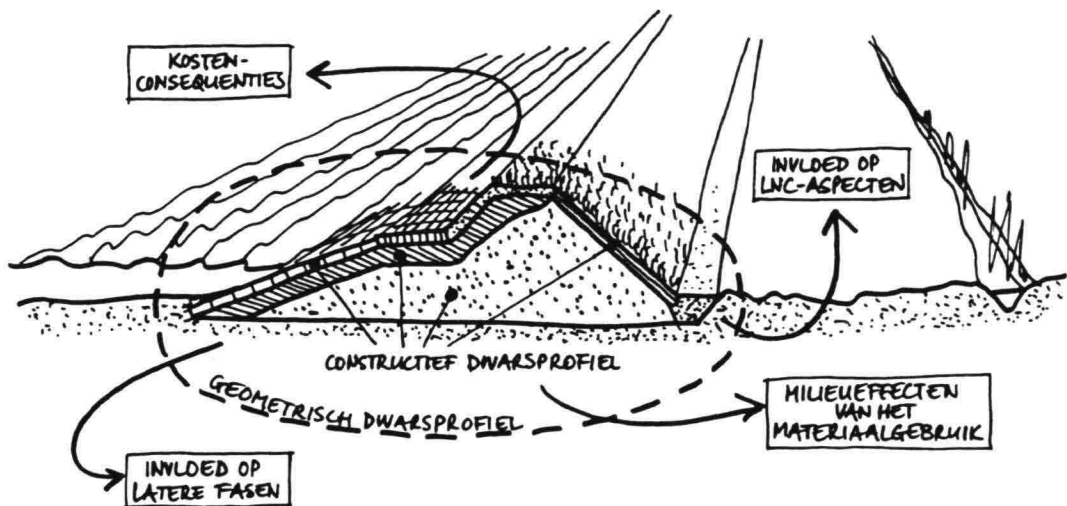
eindrapport



# Keuzemodel kust- en oeverwerken

een ontwerpondersteunend model voor de beoordeling van  
effecten op milieu-, LNC- en kostenaspecten

eindrapport



25 juni 2001

Rijkswaterstaat / Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft & NIBE Research, Naarden

*“De Dienst Weg- en Waterbouwkunde van de Rijkswaterstaat (DWW), en degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben de in deze publicatie opgenomen gegevens zorgvuldig verzameld naar de laatste stand van wetenschap en techniek. Desondanks kunnen er onjuistheden in deze publicatie voorkomen. Het rijk sluit, mede ten behoeve van degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die uit het gebruik van de hierin opgenomen gegevens mocht voortvloeien.”*

© Het auteursrecht van deze publicatie berust bij Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde

**project 586 Keuzemodel Kust- en Oeverwerken**

projectnummer DWW eindrapport  
1724

opdrachtgever: Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, afdeling AB  
ir. W.S. de Vries  
Postbus 5044  
2600 GA Delft  
Tel 015-2518423  
Fax 015-2518555

opdrachtnemer: Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie, NIBE Research bv  
ir. R.M.M. van der Loos en ir. A.A.J.F. van den Dobbelsteen  
Postbus 229  
1400 AE Bussum  
tel. 035-6948233  
fax 035-6950042  
e-mail: [info@nibe.org](mailto:info@nibe.org)  
website: [www.nibe.org](http://www.nibe.org)

document: 586.01.06.042/rl&ad  
versie: definitief, versie 1.0  
datum: 25 juni 2001

opdrachtleider: ir. R.M.M. van der Loos, divisiehoofd NIBE Research bv  
medeverantwoordelijk: ir. A.A.J.F. van den Dobbelsteen, divisiehoofd NIBE Consulting bv

projectgroep: ir. W.S. de Vries (DWW, voorzitter)  
W.J. Bak (DWW)  
ir. J.W. Broers (DWW)  
ir. A.A.J.F. van den Dobbelsteen (NIBE)  
dr.ir. E.M. Haas (NIBE)  
ir. R.M.M. van der Loos (NIBE)  
A. Plooster (DWW)  
ir. S. Nurmohamed (DWW)

klankbordgroep: ir. A. Hoekstra (DZL, voorzitter)  
ir. C.J. Dorst (BWD)  
ing. N. van den Heuvel (DZH)  
ir. B.W.A.H. Parmet (DWW)  
ing. C.E.A.M. Polman (DON)  
ing. A. Provoost (Waterschap Zeeuws Vlaanderen)  
ir. H.J. Verhagen (TU Delft)  
ing. K. Tilma (DNN)  
L. van Asperen (TAW en DWW)





# INHOUD

## SAMENVATTING

## DEFINITIES

1	INLEIDING.....	1
1.1	Achtergrond .....	1
1.2	Doelstelling .....	2
1.3	Gebruik .....	2
1.4	Technisch inhoudelijke aspecten.....	6
1.5	Leeswijzer.....	7
2	WERKING VAN HET MODEL .....	9
2.1	Basisgegevens .....	9
2.2	Invoer geometrisch dwarsprofiel.....	10
2.3	Ontwerpvarianten .....	10
2.4	Resultaten kort .....	11
2.5	Resultaten detail .....	11
2.6	Weging.....	12
2.7	Analyse gebruikte weegset.....	13
2.8	Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen GWW .....	13
3	DATA .....	15
3.1	Herkomst van defaultdata.....	15
3.2	Verzamelen van aanvullende gegevens.....	18
4	WEGING VAN CRITERIA.....	21
4.1	Weegfactoren .....	21
4.2	Multicriteria-analyse.....	22
4.3	Gevoelighedsanalyse van gebruikte weegsets.....	22
5	VOORBEELDEN VAN RESULTATEN .....	25
5.1	Casus 1 – Dijken in Zeeland.....	25
5.2	Casus 2 – Kribben in Oost-Nederland .....	28
6	SLOTOPMERKINGEN EN AANBEVELINGEN .....	31

## BRONNENLIJST

## BIJLAGEN



# SAMENVATTING

Milieuaspecten, natuurwaarden en de landschappelijke impact van een werk spelen een steeds grotere rol in het ontwerp en de realisatie van projecten van Rijkswaterstaat. De Leidraad Keuzemethodiek Dijk- en Oeverbekledingen I en II, die eind jaren tachtig verscheen, was een eerste aanzet tot het afweegbaar maken van milieuaspecten bij waterbouwkundige constructies. Sindsdien zijn er verschillende onderzoeken gedaan en publicaties verschenen waarin het ontwikkelen van een integrale afwegingsmethodiek centraal staat. Als voorbeeld kan ook de Leidraad Zee- en Meerdijken genoemd worden waarin milieuaspecten, met name natuurwaarden, standaard opgenomen zijn als aandachtspunt bij de ontwikkeling van zee- en meerdijken.

In opdracht van de Dienst Weg- en Waterbouwkunde (DWW) heeft het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie (NIBE) een keuzemethodiek ontwikkeld waarmee milieueffecten, kosteneffecten, effecten op landschappelijke, natuur- en cultuurhistorische (LNC-) waarden en overige aspecten bij het ontwerp van waterbouwkundige constructies inzichtelijk worden gemaakt.

Het Keuzemodel Kust- en Oeverwerken richt zich op het ontwerp van waterbouwkundige constructies langs en in zee, meren, rivieren en kanalen. Het gaat om de fase waarin het geometrisch dwarsprofiel wordt vastgesteld en waarin het kust- en oeverwerk constructief wordt ontworpen. Er kunnen maximaal vier ontwerpvarianten tegelijkertijd beoordeeld worden.

De structuur en afwegingsmethodiek van het model zijn zo inzichtelijk dat ontwerpers, beleidsmedewerkers, beslissers en beheerders het keuzemodel kunnen raadplegen. Bij maatschappelijke discussies kan het keuzemodel gebruikt worden om effecten van keuzes inzichtelijk te maken of om standpunten te onderbouwen.

Van de beoordeelde ontwerpvarianten wordt door het keuzemodel inzicht verschaft in:

- milieueffecten van de toegepaste materialen beoordeeld over de gehele levenscyclus;
- effecten op LNC-waarden (vastliggende deelaspecten, beoordeling door de gebruiker);
- kosteneffecten over de gehele levenscyclus;
- effecten op overige aspecten (keuze van deelaspecten en beoordeling door de gebruiker);

Het keuzemodel laat scores op deze verschillende onderdelen zien, waardoor zichtbaar is hoe de verhoudingen liggen en op welke punten mogelijke verbeteringen doorgevoerd kunnen worden. Eventuele specifieke gevolgen voor aanleg, beheer en onderhoud zijn eveneens inzichtelijk.

Het keuzemodel is in verschillende lagen opgebouwd zodat een gebruiker afhankelijk van zijn informatiebehoefte voor zichzelf een vergelijking kan maken tussen een aantal ontwerpvarianten. Voor deskundige gebruikers van het model is voor de beoordeelde LNC-waarden en LCA-aspecten middels wegingsdriehoeken snel inzichtelijk hoe de gevoeligheid van de uitkomsten afhankelijk is van de gekozen weegfactoren. Tevens wordt voor de milieubeoordeling (bij de geselecteerde weegset) en voor de kostenbeoordeling automatisch een zwaartepuntanalyse uitgevoerd ("welke onderdelen uit de constructie bepalen het resultaat?"). Deskundigen kunnen ook uit de voeten met de tabellen met uitkomsten, waarin nog geen normalisatie of weging van de resultaten is toegepast. Gebruikers die minder gespecialiseerd zijn zullen vooral naar de samenvatting van de resultaten kijken.



# DEFINITIES EN AFKORTINGEN

<b>A&amp;R (-methode)</b>	(methode van) <i>afschrijven en reserveren</i>
<b>Afschrijven en reserveren</b>	Het uitsmeren van alle <i>levensduurkosten</i> tot vaste jaarlijkse kosten
<b>Arbo</b>	Arbeidsomstandigheden
<b>Betaversie</b>	Nog niet uitontwikkeld prototype (van toepassing op een computerprogramma)
<b>Constructief dwarsprofiel</b>	<i>Dwarsprofiel</i> waarin alle in het ontwerp gebruikte materialen zijn aangegeven
<b>Constructieonderdeel</b>	Elk afzonderlijk te onderscheiden <i>materiaal</i> dat in een constructie wordt gebruikt
<b>Default (waarde)</b>	Een standaardwaarde die wordt gebruikt als de gebruiker geen aanpassingen doet
<b>Disconteringsvoet</b>	De rentevoet die gebruikt wordt om toekomstige kosten te berekenen volgens <i>A&amp;R</i> of <i>NCW</i>
<b>Dubo</b>	Afkorting van <i>duurzaam bouwen</i>
<b>Dubo-maatregelen</b>	Maatregelen die passen binnen de definitie van <i>duurzaam bouwen</i>
<b>Duurzaam</b>	Passend binnen de definitie van <i>duurzame ontwikkeling</i> of <i>duurzaam bouwen</i>
<b>Duurzaam bouwen</b>	Een manier van bouwen waarbij de milieu- en gezondheidseffecten ten gevolge van het bouwen en de gebouwde omgeving tot een minimum worden beperkt
<b>Duurzame ontwikkeling</b>	Een ontwikkeling die voorziet in de behoeften van de huidige generatie zonder daarmee voor toekomstige generaties de mogelijkheden in gevaar te brengen om ook in hun behoeften te voorzien
<b>Dwarsprofiel</b>	Dwarsdoorsnede van een ontwerp, platte projectie
<b>Effectscore</b>	Getal dat de potentiële bijdrage van een proces, groep processen of <i>productsysteem</i> aan een gekozen <i>I</i> weergeeft.
<b>Functionele eenheid</b>	De specificatie van de (niet-materiële) functie van een <i>product (systeem)</i> , als basis voor de selectie van één of meer producten die deze functie kunnen vervullen; de functievervulling is gerelateerd aan een bepaalde levensduur (in het keuzemodel wordt voor de functionele eenheid uitgegaan van één strekkende meter van de constructie haaks op het dwarsprofiel. De constructie moet voldoen aan de functie-eisen; de levensduur is aanpasbaar)
<b>Geometrisch dwarsprofiel</b>	<i>Dwarsprofiel</i> waarin alleen de buitenlijn van het ontwerp zichtbaar is
<b>Gevoeligheidsanalyse</b>	Een analyse waarbij het resultaat van een berekening wordt geanalyseerd op zijn gevoeligheid voor kleine veranderingen in de aannames, of voor varianten binnen het veronderstelde geldigheidsbereik van de aannames
<b>Gewicht</b>	(in geval van multicriteria-analyses:) de zwaarte die aan een criterium wordt toegekend bij een beoordeling met meerdere criteria (gelijk aan 'weegfactor')
<b>GWV</b>	Grond-, weg- en waterbouw
<b>LCA</b>	(milieugerichte) <i>levenscyclusanalyse</i>
<b>LCC</b>	Life cycle costing oftewel <i>levensduurkosten</i>
<b>Levenscyclusanalyse</b>	(milieugerichte) gedeelte van een (omvattende) levenscyclusanalyse, waarbij alleen de gevolgen voor het milieu in beschouwing worden genomen. (omvattende) beschouwing over één of meer aspecten van een product, proces, etc., waarbij de gehele levenscyclus van het onderzochte in de beschouwing voorkomt en verschillende aspecten (zoals milieu, kosten en veiligheid) worden betrokken; fasen in de levenscyclus zijn winning, productie, gebruik en verwerking na afdanking, inclusief de afvalverwerking uit deze fasen. (eenvoudiger gesteld:) een analyse van alle <i>milieueffecten</i> die tijdens de gehele levensduur ( <i>van wieg tot graf</i> ) van een materiaal of product optreden
<b>Levensduurkosten</b>	Alle kosten die gedurende de gehele levensduur ten behoeve en ten gevolge van een object optreden; hieronder vallen o.a. de aanschaf- en aanlegkosten, onderhoudskosten en verwijderingskosten bij sloop
<b>LNC</b>	Landschap, natuur en cultuurhistorie
<b>Materiaal</b>	Bouwstof zoals die wordt toegepast in een werk
<b>Milieueffecten</b>	De doorwerking van een <i>milieuingreep</i> binnen het <i>milieusysteem</i>
<b>Milieuingreep</b>	De fysieke wisselwerking tussen een <i>productsysteem</i> en het <i>milieusysteem</i> , in termen van onttrekkingen van grondstoffen, emissies van stoffen naar de verschillende milieucompartimenten, het ruimtebeslag van afval en installaties, etc.
<b>Milieuprofiel</b>	De lijst met de <i>effectscores</i> op alle <i>milieueffecten</i> behorende bij de levenscyclus van het onderzochte product
<b>Milieusysteem</b>	Het milieu inclusief alle processen die er in het milieu spelen.

<b>Multicriteria-analyse</b>	Methode voor beoordeling van alternatieven, met meer dan één criterium, waarbij door <i>weging</i> van de verschillende criteria per alternatief een eindscore wordt berekend
<b>NCW (-methode)</b>	<i>Netto contante waarde(-methode)</i>
<b>Netto contante waarde</b>	De omgerekende waarde van kosten op een later tijdstip naar de prijs van nu
<b>Normalisatie</b>	Het door deling relateren van een <i>effectscore</i> aan de omvang van het desbetreffende effect zoals dat in een bepaald gebied gedurende een bepaalde tijdperiode op grond van dezelfde methode voorspeld wordt
<b>Productstelsel</b>	Het geheel van processen, met stromen van goederen en diensten, die bijdragen aan de totstandkoming van de levenscyclus van een functionele eenheid; het productstelsel omvat de gehele levenscyclus
<b>Van wieg tot graf</b>	De gehele levensduur: van exploratie en winning tot en met sloop- en afvalfase
<b>Weging</b>	Het proces van toekenning van <i>weegfactoren</i> of <i>gewichten</i> aan criteria
<b>Weegfactor</b>	De zwaarte die aan een criterium wordt toegekend bij een beoordeling met meerdere criteria (als 'gewicht')

# 1 INLEIDING

## 1.1 Achtergrond

De ruimtelijke inpassing van werken is al enkele decennia een belangrijk vraagstuk voor de civiel ingenieur. In de waterbouw is hiervoor de term 'LNC-waarden' ingeburgerd, waarin LNC staat voor landschap, natuur en cultuurhistorie. Naast bescherming van deze waarden is het beleid ook gericht op stimuleren van de LNC-waarden.

Het belang hiervan is ook in beleidsnota's weergegeven. Het in 1990 vastgestelde Natuurbeleidsplan heeft als hoofddoelstelling duurzame instandhouding, herstel en ontwikkeling van natuurlijke en landschappelijke waarden. Het Structuurschema Groene Ruimte (1994) geeft aan dat planning en vormgeving van ruimtelijke structuren mede gebaseerd dienen te worden op de landschappelijke kenmerken, die bepalend zijn voor de identiteit van de verschillende landschapstypen en voor specifieke gebieden en elementen in het landschap. De nota 'Natuur voor mensen, mensen voor natuur' (2000) benadrukt dat naast aandacht voor ecologie en soortenrijkdom ook de bijdrage van natuur aan het menselijk welzijn. De nota Belvédère (1999) handelt over het belang van de cultuurhistorische identiteit voor de inrichting van de ruimte.

In de jaren '90 heeft men de opkomst van de term duurzaam bouwen gezien, die naast bovengenoemde aspecten het gebruik van energie en materialen omvat. In tegenstelling tot verbeteringen van de LNC-waarden is vermindering van het beslag op energie en materialen niet direct zichtbaar. Op het totaal van de milieueffecten in Nederland, of zelfs de hele wereld, is het effect van een individuele beslissing klein. Tal van individuele keuzes om de milieubelasting te verminderen leiden echter gezamenlijk tot vermindering van de milieudruk: vele kleintjes maken een grote. Door bij individuele beslissingen over bouwwerken de milieuaspecten mee te laten wegen worden de milieueffecten van de bouw als geheel verminderd.

Door de werkgroep 'milieumaten in de bouw' van het Milieuberaad voor de bouw (MBB) is in 1994 gekozen voor het gebruik van levenscyclusanalyse voor het operationaliseren van een indicator voor de milieudruk van bouwwerken. Men streeft naar het stimuleren van duurzaam materiaal- en grondstoffengebruik door een integrale benadering van de milieukwaliteit van bouwwerken. Dit wordt bijvoorbeeld bevestigd door het Beleidsprogramma Duurzaam Bouwen 2000-2004, waarin de ontwikkeling van instrumenten voor duurzaam beslissen in de bouw één van de projecten is. In de B&U-sector is dit opgepakt via de ontwikkeling van keuzemodellen zoals EcoQuantum en GreenCalc en de ontwikkeling van een standaardmethode voor het verzamelen aan gegevens, het project MRPI (milieurelevante productinformatie). In opdracht van VROM wordt momenteel gewerkt aan het opstellen van een op LCA gebaseerde NEN-norm die gebruikt kan worden voor het reguleren van duurzaam bouwen via het Bouwbesluit. Veel van de ontwikkelingen uit de B&U-sector zijn aanpasbaar voor de GWW-sector.

De praktische uitwerking van het beleid is onder meer terug te vinden in de Leidraad Keuzemethodiek Dijk- en Oeverbekledingen I en II [TAW, 1986]. Dit was een eerste aanzet tot het afweegbaar maken van milieuaspecten bij waterbouwkundige constructies. Sindsdien zijn er verschillende onderzoeken gedaan en publicaties verschenen waarin het ontwikkelen van een integrale afwegingsmethodiek centraal staat. Als voorbeeld kan ook de Leidraad Zee- en Meerdijken [TAW, 1999] genoemd worden waarin milieuaspecten, met name natuurwaarden, standaard opgenomen zijn als aandachtspunt bij de ontwikkeling van zee- en meerdijken.

Het ontbreekt in Nederland niet aan ervaring met het ontwerpen van kust- en oeverwerken. Er zijn dan ook vele beproefde constructies denkbaar, waarmee het water buiten gehouden of in banen geleid kan worden: van zee- en meerdijken tot aan kribben en damwanden. In de waterbouw zijn er vaak veel mogelijke oplossingen die voldoen aan technische randvoorwaarden, zoals sterkte. Deze verschillende oplossingen kunnen goed met elkaar vergeleken worden als het gaat om aanlegkosten. Maar de keuze blijkt heel wat ondoorzichtiger te zijn op het moment dat er andere factoren meespelen, zoals



onderhoudskosten, milieueffecten of de effecten op landschappelijke, natuur- en cultuurhistorische waarden (LNC-waarden).

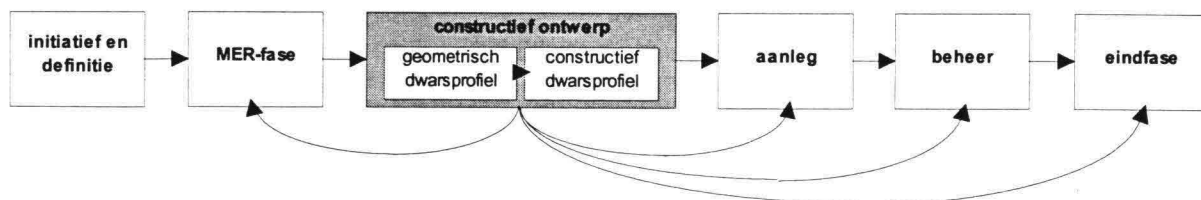
In dit kader is in mei 1999 door DWW het project Keuzemodel Kust- en Oeverwerken gestart (aanvankelijk met de projectnaam 'Keuzemethodiek Waterbouwkundige Constructies'). In de periode van juli 1999 tot en met juli 2001 heeft het Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie (NIBE) een keuzemethodiek ontwikkeld waarmee milieueffecten, kosteneffecten, effecten op LNC-waarden en overige aspecten bij het ontwerp van waterbouwkundige constructies inzichtelijk worden gemaakt. In de zomer van 2000 zijn het eindrapport van de te hanteren keuzemethodiek en de betaversie van het computerprogramma gereed gekomen. Het vooronderzoek en de ontwikkeling en onderbouwing van het Keuzemodel Kust- en Oeverwerken zijn vastgelegd in het eindrapport Keuzemodel kust- en oeverwerken, fase 1 & 2 (DWW/NIBE 1) Tussen juli 2000 en juli 2001 is de betaversie van het computerprogramma getest en geoptimaliseerd met behulp van twee casestudies (DWW/NIBE 2 en 3) en een workshop (DWW/NIBE 4).

In het onderhavige rapport wordt uitgelegd hoe de integrale beoordelingsmethodiek voor kust- en oeverwerken werkt en wat de resultaten zijn.

## 1.2 Doelstelling

Het Keuzemodel Kust- en Oeverwerken is een handzaam instrument voor ontwerpers, beheerders en beslissers in de waterbouw waarmee zij milieutechnische en financiële consequenties van de ontwerpen van kust- en oeverwerken kunnen meenemen en inzichtelijk kunnen maken.

Het Keuzemodel Kust- en Oeverwerken richt zich op het ontwerp van waterbouwkundige constructies langs en in zee, meren, rivieren en kanalen. Het gaat om de fase waarin het geometrisch dwarsprofiel wordt vastgesteld en waarin het kust- en oeverwerk constructief wordt ontworpen (zie figuur 1.1). Daarbij wordt zowel gekeken naar de bovenlokale effecten van het ontwerp op het mondiale milieu als naar lokale effecten op de omgeving en latere fasen als aanleg, beheer en eindfase. Ook de kosten die optreden in alle levensfasen worden in de beoordeling meegenomen (levensduurkosten).



figuur 1.1: Plaatsing van het keuzemodel in het bouwproces van een kust- en oeverwerk

## 1.3 Gebruik

### Beoordelingsaspecten

Van de gekozen ontwerpvarianten wordt door het keuzemodel inzicht verschaft in:

- milieueffecten van de toegepaste materialen (berekend door het programma);
- effecten op landschappelijke, natuur- en cultuurhistorische waarden (op vastliggende deelaspecten te beoordelen door de gebruiker en verder berekend door het programma);
- effecten op overige aspecten (keuze van deelaspecten en beoordeling door de gebruiker, berekening door het programma).
- kosteneffecten (berekend door het programma);

Het keuzemodel laat scores op deze verschillende onderdelen zien, waardoor zichtbaar is hoe de verhoudingen liggen en op welke punten mogelijke verbeteringen doorgevoerd kunnen worden. Eventuele specifieke gevolgen voor aanleg, beheer en onderhoud zijn eveneens inzichtelijk.

### **Gebruikers**

De structuur en afwegingmethodiek van het model zijn zo inzichtelijk dat ontwerpers, beleidsmedewerkers, beslissers en beheerders het keuzemodel kunnen raadplegen.

Bij maatschappelijke discussies over kosten, milieuaspecten, LNC-waarden en eventuele overige aspecten kan het keuzemodel gebruikt worden om effecten van keuzes inzichtelijk te maken en om standpunten te onderbouwen.

### **Verantwoordelijkheid**

Op dit moment moet de gebruiker zich zelf op de hoogte houden van de laatste ontwikkelingen met het keuzemodel. De gegevens die zijn gebruikt in de databases zijn met zo nauwkeurig mogelijk samengesteld, maar kunnen desalniettemin niet of slechts in beperkte mate representatief zijn voor de situatie die de gebruiker in het keuzemodel beoordeelt. De verantwoordelijkheid voor de gebruikte gegevens ligt volledig bij de gebruiker van het keuzemodel

### **Benodigde deskundigheid**

De ontwerper kan op vrij eenvoudige wijze de verschillende geometrische ontwerpen, gebruikte materialen, materiaalgegevens en kostengegevens in het model invoeren en/of aanpassen. De LCA-resultaten die daar uit voortkomen zijn in beginsel gebaseerd zijn op de aanbevolen weegset van LCA-gegevens in het keuzemodel. Indien de weegset voor LCA-gegevens wordt gewijzigd of handmatig wordt aangepast, strekt het tot de aanbeveling om een LCA-deskundige te raadplegen.

Bij de invoer van de LNC-gegevens kan door de ontwerper gebruik gemaakt worden van de "Handreiking inventarisatie en waardering LNC-aspecten – een methode voor beschrijving van en betekenistoekenning van LNC-aspecten" (TAW, 1994) waar meer achtergrond wordt gegeven over de beschrijving, inventarisatie en waardering van LNC-aspecten die een rol spelen bij het ontwerp. Voor het merendeel zullen de relevante LNC-aspecten echter al vastgelegd zijn in de MER-fase indien deze heeft plaats gevonden. Indien deze handreiking onvoldoende houvast biedt zal voor de waardering van LNC-aspecten een LNC-deskundige geraadpleegd moeten worden. Voor de aanpassing van de weegset van de LNC-gegevens is het noodzakelijk om een LNC-deskundige te raadplegen.

Voor een beleidsmaker of beslisser is met behulp van weegdriehoeken inzichtelijk gemaakt wat het effect is van de gekozen weegset (voor LCA en LNC) op het eindresultaat. De weegdriehoek is een automatische gevoeligheidsanalyse op de weging van de hoofdcriteria.

Voor een beslisser is het van belang te weten welke weegset bij de beoordeling gebruikt is. Voor de LCA kan in eerste instantie uitgegaan worden van de aanbevolen weegset. Welke weegset echter gebruikt wordt bij de definitieve afweging zal door de beslissers in samenspraak met een LCA- of LNC-deskundige bepaald moeten worden.

Een overzicht van de benodigde deskundigheid voor de verschillende onderdelen van het keuzemodel staat vermeld in tabel 1.1.

*Tabel 1.1: Benodigde deskundigheid voor verschillende onderdelen van het keuzemodel*

<b>Onderdeel</b>	<b>Deskundigheid</b>
Invoer ontwerpvarianten	Ontwerper
Invoer/aanpassen materiaal- en kostengegevens	Ontwerper
Invoer LNC waarderingen	Ontwerper en/of LNC-deskundige
Aanpassen weegset LCA	Beslisser in overleg met LCA-deskundige
Aanpassen weegset LNC	Beslisser in overleg met LNC-deskundige

### **Belang van weging**

Weging van criteria roept nogal eens weerstand op. Het subjectieve karakter ervan wordt dan gebruikt als argument tegen iedere vorm van weging. Er vindt echter altijd een weging plaats. Weging zonder weegfactoren is een weging met alle weegfactoren gelijk aan 1.

Voor de LCA beoordeling is er in het keuzemodel een aantal standaard weegsets opgenomen. Voor de beoordeling van LNC-waarden en overige aspecten moet altijd een eigen weegset ingevoerd worden. Ook voor de LCA-beoordeling is dit echter mogelijk.

De vergelijking van verschillende constructies levert bij verschillende weegsets niet altijd een eenduidige voorkeur op voor één ontwerpvariant. Het eindoordeel hangt af van het gewicht dat men geeft aan de afzonderlijke criteria. Er bestaat geen methode om aan te geven wat 'beter' en wat 'slechter' is. De afwegingen zijn normatief. De samenleving bepaalt de manier waarop wij omgaan met het milieu en LNC-waarden. Twintig jaar geleden werden andere accenten gelegd dan nu. Ook over twintig jaar zullen weer andere accenten worden gelegd. De afweging tussen verschillende criteria is dus niet objectief uit te rekenen. Dat geldt voor elke afweging die plaatsvindt, zowel voor de beoordeling van LCA-criteria, LNC-waarden, overige aspecten als voor de (optionele) multicriteria-analyse waarin het eindresultaat van de beoordeling op LCA, LNC en overige aspecten afgewogen kan worden.

Er rollen uit de verschillende beoordelingen dus geen absolute resultaten. Het keuzemodel is dan ook geen beslismodel, het is zuiver en alleen bedoeld als beslisondersteunend instrument.

Omdat er bij verschillende wegingen verschillende resultaten kunnen ontstaan lijkt een dergelijke afweging van criteria wellicht nutteloos. De kracht van een wegingsmethode ligt echter vooral in het feit dat de gebruiker gedwongen wordt om de keuzes en de wegingen expliciet te maken.

Juist omdat er nooit sprake is van één beste weging is het verstandig om de beoordeling van de verschillende criteria met meerdere weegsets uit te voeren. Door de verschillende resultaten met elkaar te vergelijken ontstaat er zicht op de mate waarin het eindresultaat afhankelijk is van de gehanteerde weegset. Soms treedt er nauwelijks of slechts in beperkte mate verschil op bij beoordelingen met verschillende weegsets. Er kan dan geconcludeerd worden dat de weging met de geselecteerde weegsets nauwelijks van invloed is op het eindresultaat. De verschillen in standpunten over hoe de verschillende onderdelen te wegen zijn dan niet van belang.

Een wegingsdriehoek is een hulpmiddel bij de beoordeling van verschillende wegingen. De wegingsdriehoek geeft automatisch een gevoeligheidsanalyse van de gebruikte weging op het eindresultaat. De werking van een wegingsdriehoek wordt in paragraaf 4.3 nader uitgelegd.

Ook het uitvoeren van een gevoeligheids- en/of zwaartepuntanalyse kan bij de beoordeling nadere informatie verschaffen over de belangrijkste variabelen.

### **Toepasbaarheid**

Het keuzemodel is voor alle kust- en oeverwerken te gebruiken:

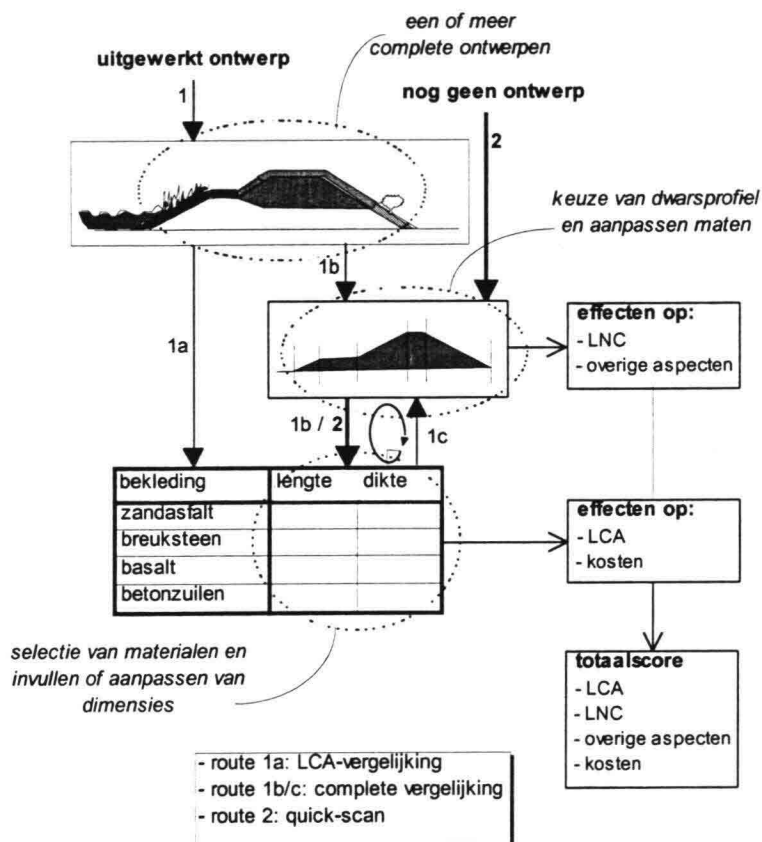
- tijdens de ontwerpfase van een kust- of oeverwerk, waarin de geometrie en constructieve uitwerking wordt vastgesteld;
- bij evaluaties van al bestaande constructies.

### **Werking**

Met het Keuzemodel Kust- en Oeverwerken kan, op basis van vooraf gestelde functionele eisen, op twee wijzen worden gewerkt (zie ook figuur 1.2):

1. De gebruiker heeft al één of meer *uitgewerkte ontwerpen* klaarliggen, die hij wil vergelijken. In dat geval bepaalt hij de dimensies van de verschillende constructieonderdelen en volgt twee mogelijke subroutes: (a.) hij slaat het geometrisch dwarsprofiel over, selecteert de materialen en voert de hoeveelheden in; (b.) hij voert de geometrie van zijn ontwerp(en) in, selecteert de materialen en kan meerdere varianten laten doorrekenen. In het laatste geval is het gemakkelijk om vanuit het constructief dwarsprofiel terug te schakelen naar het geometrisch dwarsprofiel (c.) en weer terug, zodat meerdere varianten kunnen worden onderzocht op hun effecten. In geval van route a moet elke keer opnieuw de hoeveelheid materialen bij een nieuwe variant worden ingevoerd; deze weg is dus vooral geschikt voor een LCA-beoordeling van een al vastliggend of bestaand kust- of oeverwerk.

2. De gebruiker is zich nog aan het *oriënteren* en wil een aantal varianten op het geometrisch dwarsprofiel en de materiaalinvulling van constructieonderdelen invullen. In dit geval kan gekozen worden uit een aantal standaard geometrische dwarsprofielen, waarvan de dimensies aangepast kunnen worden aan een specifieke situatie. Het programma berekent daaruit de benodigde hoeveelheden. Vervolgens kunnen voor de verschillende constructieonderdelen materialen geselecteerd worden en daarvan desgewenst de dimensies aangepast worden. Wanneer er geen dimensies aangepast worden, dan gebruikt het keuzemodel de berekende dimensies van het gekozen geometrische dwarsprofiel en de bij de materiaalkeuzen behorende 'default' oftewel standaard(laag)dikten. Het keuzemodel berekent vervolgens de LCA-, LNC-, overige en kosteneffecten van de ingevoerde varianten. De gebruiker kan terugschakelen tussen het geometrisch dwarsprofiel en de materiaalkeuzen en daarbij de selecties aanpassen.



figuur 1.2: De routes in het keuzemodel

De door het keuzemodel berekende dimensies en gehanteerde 'defaultwaarden' kunnen altijd worden aangepast. Zo zijn voor de constructies en bekledingen de verwachte technische levensduur en eindverwijdering door het model vastgelegd, maar deze kunnen worden aangepast aan de lokale omstandigheden. Ook kan op basis van standaard onderhoudswerkzaamheden een onderhoudsplanung worden aangeven.

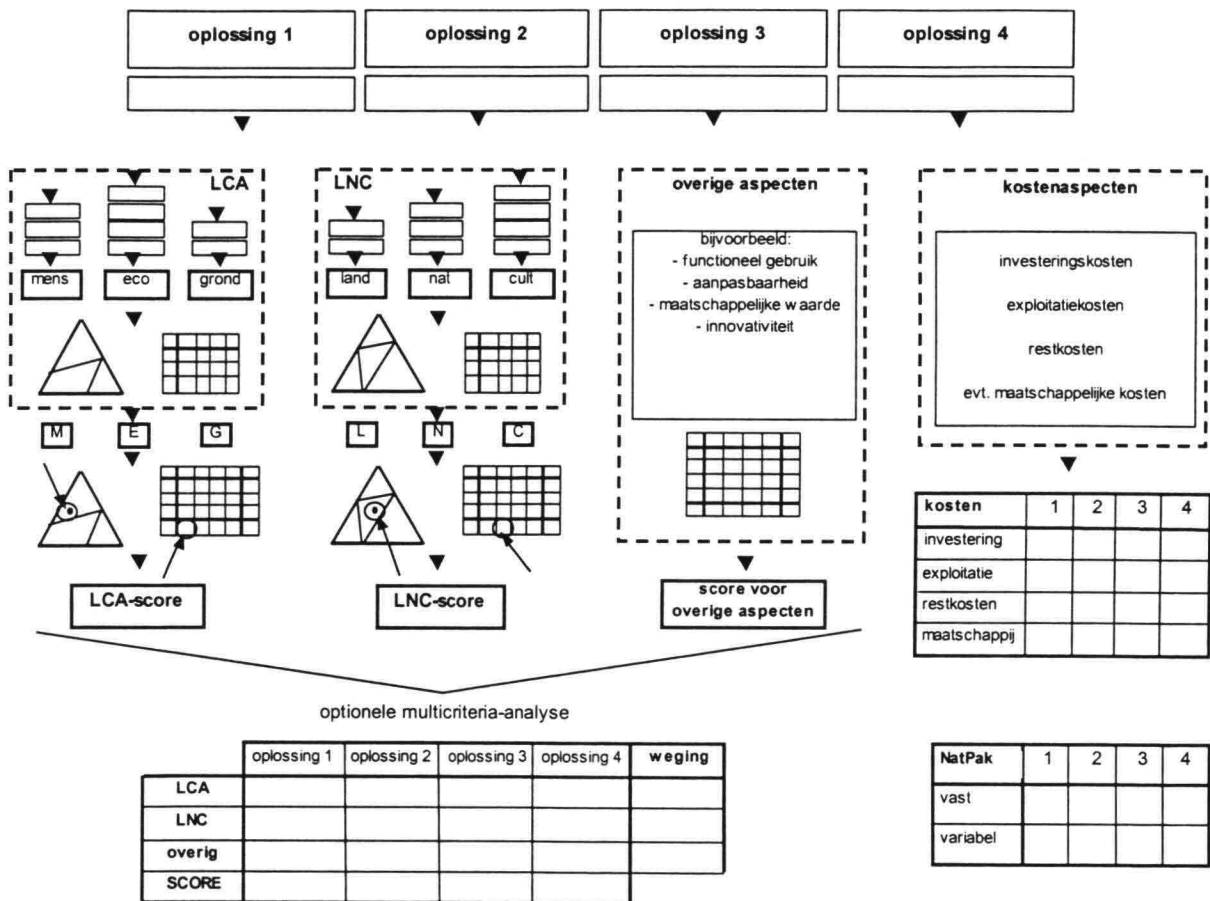
# 1.4 Technisch inhoudelijke aspecten

## Beoordelingsmethodiek

Het model is opgebouwd uit vier onderdelen van beoordelingsaspecten:

- LCA-aspecten;
- LNC-aspecten;
- overige aspecten;
- kostenaspecten.

De eerste drie beoordelingsaspecten zijn onderverdeeld in hoofdcriteria en eventueel in subcriteria. Binnen een hoofdcriterium wordt stapsgewijs tot een beoordeling van een constructie of het constructief dwarsprofiel daarvan gekomen. Deze stappen staan schematisch in figuur 1.3.



figuur 1.3: Overzicht van beoordelingsstappen in het keuzemodel

Voor de gehanteerde milieubeoordelingsmethode is aangesloten bij de methode van de milieugerichte levenscyclusanalyse (LCA-methode) van het Centrum voor Milieukunde in Leiden (CML) (Heijungs, 1992) en de Eco-indicator 99 (Goedkoop en Spiensma, 1999).

De Eco-indicator 99 vormt de basis voor de beoordeelde milieueffecten in het keuzemodel. De milieubeoordeling is uitgebreid met de beoordeling van geluidhinder uit de methode van Müller-Wenk (1999) en stankhinder uit de CML-methode van Heijungs (1992). Zowel geluidhinder als stankhinder zijn in de normalisatie en weging van de milieueffecten niet meegenomen.

Een tweetal milieuaspecten zijn buiten beschouwing gelaten. Hiervoor is momenteel geen exacte beoordelingsmethode beschikbaar. Het gaat om de uitputting van biotische grondstoffen (zoals niet duurzaam geproduceerd hout) en bulkgrondstoffen (zoals zand en grind).



In het model zijn de te beoordelen LCA- en LNC-criteria vastgelegd; onder de noemer van overige aspecten kunnen handmatig willekeurige criteria worden toevoegen.

De afweging van milieu- en kosteneffecten geschiedt op basis van functionele eenheden, dat wil zeggen op basis van de hoeveelheid materiaal die nodig is om een bepaalde gelijkwaardige ontwerpvarianten naar behoren te laten functioneren gedurende een bepaalde levensduur.

### **Normalisatie van resultaten**

De resultaten van de verschillende criteria van een beoordeling worden voordat ze met elkaar gewogen kunnen worden eerst genormaliseerd.

Bij de milieubeoordeling vindt normalisatie plaats door de veroorzaakte milieubelasting te delen door de totale milieubelasting die gedurende (bijvoorbeeld) een jaar wordt veroorzaakt door bijvoorbeeld één Nederlander, alle Nederlanders samen, één Europeaan of de gehele wereldbevolking. In het keuzemodel wordt uitgegaan van de milieubelasting die wordt veroorzaakt door één Europeaan gedurende één jaar. Deze milieubelasting wordt bepaald met (dezelfde) Eco-indicator '99 methode.

Voor de normalisatie van de scores die ontstaan bij de kwalitatieve beoordeling van LNC-waarden en overige aspecten wordt gebruik gemaakt van de beoordelingswaarde van de uitgangssituatie. Omdat er sprake is van een kwalitatieve beoordeling in plussen en minnen worden deze scores eerst omgezet in getalswaarden. Een sterke verbetering ('++') correspondeert daarbij met de waarde 25, neutraal ('o') met 100 en een sterke verslechtering met 175. Omdat er in de uitgangssituatie geen verbetering of verslechtering optreedt is de normalisatie waarde altijd 1 of 100 wanneer gebruik gemaakt wordt van een index.

In de multicriteria-analyse vindt normalisatie plaats door de scores te delen door de hoogste score op dat criterium. Dit betekent dat de variant met de hoogste score op 1 uitkomt of op 100 wanneer gebruik gemaakt wordt van een index. De andere ontwerpvarianten hebben dan een gelijke of lagere score.

Welk alternatief als beste uit de multicriteria-analyse naar voren komt is echter sterk bepaald door de gehanteerde normalisatiemethode.

### **Software**

Het Keuzemodel Kust- en Oeverwerken is uitgewerkt als spreadsheetprogramma in Excel versie 7.0 (Excel 97). Met het prototype zijn twee casestudies verricht en is een workshop gehouden (zie DWW/NIBE 2, 3 en 4).

Het model is flexibel van opzet, zodat op termijn uitbreidingen mogelijk zijn. Het is wel beveiligd tegen onbedoelde aanpassingen in de structuur.

### **Gegevens**

Er wordt in het keuzemodel gebruik gemaakt van beschikbare data en kennis. De gegevens in de database zijn afkomstig van het uitvoerend bureau, de DWW en de Bouwdienst.

De gegevens (LNC, LCA en kosten) kunnen periodiek worden geüpdate, maar zijn op dit moment alleen beschikbaar voor de situatie zoals die bekend was in 2000. De verantwoordelijkheid voor de juistheid van de gebruikte (default) gegevens is voor de gebruiker.

Interactie over de gegevens in de database met toeleveranciers heeft tot op heden nauwelijks plaatsgevonden.

## **1.5 Leeswijzer**

In dit technische rapport wordt de werking van het Keuzemodel Kust- en Oeverwerken uitgelegd en wordt de methodiek die erin zit onderbouwd. In de eerste hoofdstukken wordt het keuzemodel bondig toegelicht:

- hoofdstuk 2: een uitgebreidere toelichting op de werking van het keuzemodel;
- hoofdstuk 3: een uitleg van de in het keuzemodel gebruikte data;
- hoofdstuk 4: een verhandeling over de achtergrond en mogelijkheden van weging van criteria in de gehanteerde beoordelingsmethoden;
- hoofdstuk 5: voorbeelden van resultaten, op basis van twee uitgevoerde casestudies;

- hoofdstuk 6: slotopmerkingen en aanbevelingen.

Het rapport wordt afgesloten met een bronnenlijst en uitdraaien van de verschillende tabbladen van het keuzemodel.

## 2 WERKING VAN HET MODEL

Het keuzemodel is opgezet als rekenprogramma in Excel 7.0 (Excel 97). De verschillende onderdelen van het keuzemodel zijn verwerkt in de volgende tabbladen:

- inhoudsopgave;
- basisgegevens;
- invoer geometrisch dwarsprofiel;
- ontwerpvariant (1 t/m 4);
- resultaten kort;
- resultaten detail;
- weging;
- analyse gebruikte weegset;
- nationaal pakket duurzaam bouwen GWW.

Voor het werken met het keuzemodel is een aparte gebruikershandleiding geschreven. Hierin is in detail uitgelegd hoe een vergelijking tussen verschillende ontwerpvarianten te maken. In dit hoofdstuk wordt slecht in het kort een beschrijving gegeven van bovenstaande tabbladen uit het keuzemodel.

In het eerste tabblad (inhoudsopgave) staat bovenstaand overzicht van de tabbladen met een korte omschrijving. Met behulp van een dubbelklik kan naar de verschillende tabbladen gegaan worden. Naast bovenstaande tabbladen bevinden zich in het keuzemodel nog een aantal tabbladen met alle databasegegevens en tabbladen waarop berekeningen worden uitgevoerd. Deze tabbladen zijn voor de gebruiker niet zichtbaar en worden hier verder niet besproken.

### 2.1 Basisgegevens

In het eerste tabblad kunnen diverse projectgegevens worden ingevoerd en kunnen voor de berekeningen belangrijke factoren worden vastgelegd.

#### **Basisgegevens**

Allereerst kunnen de projectgegevens, de naam- en adresgegevens van de betrokkenen en de opdrachtgever van het project worden ingevoerd.

#### **Factoren, correctiegetallen en defaultwaarden**

In dit onderdeel moeten factoren worden gekozen die van belang zijn voor de latere berekeningen. Het gaat om:

- de (economische) ontwerplevensduur voor de vergelijkingsbasis;
- de disconteringsvoet voor de kostenbeoordelingen;
- het jaarlijkse (gemiddelde) inflatiecijfer
- het indexcijfer voor het prijspeil ten opzichte van het jaar 2000;
- de defaultafstand voor het transport van materialen naar het werk.

#### **Overige beoordelingsaspecten**

Binnen het keuzemodel is ook invoerruimte geboden voor overige beoordelingscriteria die meegenomen worden bij de uitwerking van de verschillende ontwerpvarianten.

Arbo is het eerste overige beoordelingsaspect dat bij de beoordeling wordt meegenomen. Dit aspect kan niet worden veranderd, maar kan desgewenst binnen de weging op nul worden gezet waardoor Arbo buiten beschouwing gelaten wordt.

Daarnaast kunnen 9 andere aspecten worden gekozen. Hiervoor is een aantal benoemde defaultcriteria aanwezig, maar ook eigen omschrijvingen kunnen worden opgegeven.



## 2.2 Invoer geometrisch dwarsprofiel

In dit tabblad worden de te beoordelen geometrische ontwerpen vastgelegd. Behalve de doorsnede van een al bestaande constructie kan hier een ontwerpvariant als geometrisch dwarsprofiel worden ingevoerd. Het keuzemodel biedt in dit tabblad standaard dwarsprofielen (die van toepassing zijn bij het eerder vastgelegde kust- of oeverwerken) waaruit een keuze gemaakt kan worden. Het is echter ook mogelijk om handmatig de coördinaten van punten in het dwarsprofiel van een ontwerp, waar een verandering in de doorsnede optreedt (andere taludhelling, andere bekleding), in te voeren of op basis van een standaardontwerp aan te passen. De coördinaten zijn gedefinieerd als afstanden tot de voet (X-waarde) en hoogten ten opzichte van NAP (Y-waarde).

Er zijn maximaal 4 verschillende geometrische dwarsprofielen te definiëren. Het programma berekent op basis van de ingevoerde coördinaten de lengten per onderdeel (teenconstructie, berm, kruin, etc.) en het volume van het materiaal. Later kunnen deze berekende waarden eventueel nog worden aangepast. Het ingevoerde dwarsprofiel wordt meteen grafisch weergegeven.

## 2.3 Ontwerpvarianten

Voor elke ontwerpvariant (maximaal 4) bestaat een tabblad voor de invoer van de vier beoordelingsonderdelen: materialen, veranderingen in LNC-waarden, veranderingen in eventuele overige aspecten en kosten en onderhoud.

### **Materialen (voor de LCA-berekening)**

Met een keuzemenu per constructieonderdeel zijn de materialen te selecteren. De hoeveelheden materiaal (volumes) worden door het keuzemodel berekend en kunnen aan de verschillende segmenten worden gekoppeld of handmatig worden aangepast. Ook materiaaleigenschappen zoals dichtheid en gehalte holle ruimte kunnen aangepast worden, evenals de transportafstanden en het transportmiddel dat nodig is voor het (eind)transport van de materialen naar het werk. Alle gegevens worden in de milieubeoordeling doorgerekend. De milieubeoordeling is gebaseerd op de Eco-indicator 99 methode (Goedkoop en Spiensma).

### **LNC-waarden**

Voor de constructie als geheel kan aangegeven worden wat voor veranderingen er optreden in de LNC-waarden ten opzichte van de Ausgangssituatie. Het keuzemodel rekent dus niet zelf uit wat de gevolgen van de verschillende constructies zijn op LNC-aspecten; dat is onmogelijk. Dit onderdeel moet daarom met zorg worden ingevuld door iemand die bekend is met LNC-beoordelingen en met de situatie ter plekke.

De LNC beoordeling vindt kwalitatief plaats met een 7-punts schaal. Er wordt onderscheidt gemaakt in sterk verslechterd/verbeterd (--/++), verslechterd/verbeterd (-/+), enigszins verslechterd/verbeterd (o-/o+) en ongewijzigd (o). Voor de weging van de kwalitatief beoordeelde criteria is gebruik gemaakt van een cijfermatige benadering met een lineaire schaal waarbij -- gelijk staat aan 7 en ++ aan 1, neutraal is daarbij de waarde 4.

### **Overige aspecten**

Ook voor overige aspecten kan aangegeven worden wat voor veranderingen er ten opzichte van de Ausgangssituatie optreden. De beoordeling vindt plaats analoog aan de beoordeling van LNC-waarden.

### **Kosten en onderhoud**

Van alle materialen die ingevoerd zijn bij de LCA worden op basis van defaultgegevens uit de database de aanschaf-, aanleg- en sloopkosten berekend. Tevens wordt een default onderhoudspercentage (als percentage van het materiaalgebruik) en een verwachte levensduur van het materiaal in de beoordeling meegenomen. Alle waarden zijn aanpasbaar.

Daarnaast is er ruimte om andere onderhoudskosten (per materiaal), een eventuele restwaarde (per materiaal) en eventuele bijkomende kosten voor de constructie als geheel aan te geven. Alle kosten worden doorgerekend op basis van de netto contante waarde (NCW) en afschrijven en reserveren (A&R).

## 2.4 Resultaten kort

In dit verkorte resultatenoverzicht worden, in tabelvorm, de eindresultaten van de diverse beoordelingen weergegeven:

- een overzicht van de scores per alternatief voor LCA-, LNC- en overige aspecten;
- een overzicht van kostenuitkomsten, verdeeld in investerings-, vervangings- onderhouds-, sloop- en restkosten. De kosten worden op twee wijzen weergegeven: berekend volgens de netto-contante-waardemethode en volgens de methode van afschrijven en reserveren;
- de score als percentage van het totale aantal materiaal- en constructiegebonden maatregelen van het Nationaal Pakket duurzaam bouwen Grond-, Weg- en Waterbouw, verdeeld naar vaste en variabele maatregelen.

Na het overzicht van deze uitkomsten is het mogelijk om een optionele multicriteria-analyse te doen. Hiervoor moet een weegset bepaald worden voor de vergelijking van LCA-, LNC- en overige aspecten. Het programma geeft in diagrammen de verdeling van de scores, ongewogen en gewogen.

Binnen de multicriteria-analyse worden de scores na normalisatie gewogen gesommeerd bij elkaar opgeteld. Normalisatie vindt plaats door de scores te delen door de hoogste score per criterium. Door bij de normalisatie bijvoorbeeld gebruik te maken van de laagste score worden andere eindresultaten verkregen. De gehanteerde normalisatiemethode is dus deels bepalend voor het eindresultaat van de multicriteria-analyse.

## 2.5 Resultaten detail

Op dit tabblad worden in uitgebreidere vorm de resultaten van de verschillende beoordelingen weergegeven.

### LCA

In het gedeelte over de LCA-beoordeling wordt een uitgebreide tabel getoond met de uitkomsten van de verschillende hoofd- en subcriteria die binnen een LCA-beoordeling worden meegenomen. Daarnaast wordt aangegeven wat de kwaliteit is geweest van de verschillende gebruikte data en hoeveel criteria percentageel zijn meegenomen (volledigheid). In paragraaf 3.1 wordt nader ingegaan op de betrouwbaarheid en volledigheid bij LCA en LNC.

In een tweede overzichtstabel zijn de genormaliseerde scores per hoofdcriterium (humane gezondheid, ecosysteemkwaliteit en grondstoffen) zichtbaar, met daarnaast een overzicht van de daarbij horende gewogen genormaliseerde datakwaliteit.

In grafiekvorm worden de gewogen en ongewogen score van de verschillende ontwerpalternatieven getoond.

### LNC

Ook hier wordt een uitgebreide tabel getoond met de ingevoerde data ten aanzien van de verschillende subcriteria van de LNC-beoordeling. Dit zijn echter geen resultaten die door het programma worden berekend, maar de gegevens die bij de invoer van de alternatieven zijn ingegeven; het model kan zelf niet de LNC-beoordeling doen, maar de ingevoerde gegevens wel inzichtelijk maken. Het programma laat daarom een overzicht van de scores zien, evenals een genormaliseerde score, waarbij is gerekend met de opgegeven weegset.

In twee diagrammen worden tot slot op dezelfde wijze als bij de LCA beoordeling op grafische wijze overzichten gegeven van de gewogen en ongewogen resultaten van de LNC-beoordeling.

### **Overige aspecten**

Op basis van de vooraf geselecteerde overige beoordelingsaspecten wordt hier een overzicht gegeven van de bij het ontwerp ingevulde scores per criterium. Ook hier kan het model zelf niet de beoordeling doen; het geeft alleen het overzicht en de gewogen resultaten van de geselecteerde overige aspecten. Ook deze resultaten worden grafisch weergegeven.

### **Kosten**

Van kosten worden de effecten van de verschillende ontwerpalternatieven op investerings-, vervangings-, onderhouds-, sloop- en restkosten weergegeven. Deze uitkomsten zijn op twee wijzen berekend: met de netto-contante-waardemethode (NCW-methode) en de methode van afschrijven en reserveren (A&R-methode). De resultaten worden daarom ook op twee wijzen weergegeven, waarbij de NCW-methode vooral van belang is voor de investeerder, terwijl de A&R-methode een beter beeld geeft van de lasten voor de beheerder.

Bij 'NCW' worden de kosten weergegeven over de totale levensduur. Bij 'A&R' worden de kosten per jaar weergegeven, berekend op basis van de prijsindex in het jaar dat is geselecteerd.

### **Nationaal Pakket duurzaam bouwen Grond-, Weg- en Waterbouw**

Door de gebruikte materialen kan zijn voldaan aan bepaalde maatregelen uit het Nationaal Pakket duurzaam bouwen voor de Grond- Weg- en Waterbouw. Het keuzemodel geeft aan de hand van de nationaal-pakketcodering aan aan welke maatregelen is voldaan. In het tabblad Nationaal Pakket in het keuzemodel kan worden opgezocht welke maatregelen uit het Nationaal Pakket duurzaam bouwen voor de Grond-, Weg- en Waterbouw van toepassing zijn op de waterbouw en aan welke maatregelen is voldaan.

## **2.6 Weging**

In dit tabblad wordt vastgesteld op welke wijze de door het keuzemodel berekende effecten op LCA, LNC en overige aspecten moeten worden gewogen. Aangezien de weging van essentieel belang is voor de uiteindelijke uitkomst moet dit onderdeel met zorg worden uitgevoerd.

### **LCA-hoofdcriteria**

Hier kunnen de weegfactoren voor de hoofdcriteria humane gezondheid, ecosysteemkwaliteit en grondstoffen bepaald worden. Er wordt een aantal standaard weegsets gegeven die met behulp van een panel-methode zijn bepaald binnen het Eco-indicator 99 project. Eén weegset wordt als standaard aanbevolen. Tevens kan de weegset handmatig bepaald worden. Voor de aanpassing van de LCA-weegset wordt aangeraden een LCA-deskundige te raadplegen.

### **LNC-waarden: hoofdcriteria en subcriteria**

Hier kunnen de weegfactoren voor de waarden op het gebied van landschap, natuur en cultuurhistorie geven worden. Tevens is het mogelijk om de weging op subcriteria (de onderliggende beoordelingscriteria voor landschap, natuur en cultuurhistorie) in te stellen.

Omdat het niet mogelijk is om een goede default weging te geven, is de weging standaard voor alle criteria op nul gezet. Per geval zal met hulp van een LNC-deskundige uitgezocht moeten worden hoe de verschillende LNC-waarden ten opzichte van elkaar gewogen moeten worden. Het keuzemodel berekent met de ingevoerde weegfactoren de gewogen gesommeerde score.

### **Overige beoordelingsaspecten**

Er is ook invoerruimte geboden voor overige beoordelingscriteria die in de beoordeling meegenomen kunnen worden bij de uitwerking van de verschillende ontwerpen. De waardering voor deze criteria moet handmatig ingevoerd worden. Standaard is de waardering voor alle criteria op 0 gezet. Het keuzemodel berekent met de ingevoerde weegfactoren de gewogen gesommeerde score.

Bij de beoordeling van overige beoordelingsaspecten moet gewaakt worden voor onbedoelde overlap met onderdelen van de LNC-beoordeling.

## **2.7 Analyse gebruikte weegset**

In het tabblad weging is aangegeven wat de weging voor LCA-, LNC- en overige aspecten is. In het tabblad analyse gebruikte weegset wordt voor de LCA- en LNC-beoordeling middels weegdriehoeken grafisch weergegeven welk alternatief bij alle mogelijke weegsets als beste naar voren zou komen.

## **2.8 Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen GWW**

In dit tabblad wordt een overzicht gegeven van de verschillende maatregelen uit het Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen voor de Grond-, Weg- en Waterbouw, de codes van deze maatregelen en of deze vast of variabel zijn. Alleen die maatregelen die van toepassing zijn op de waterbouw zijn weergegeven.

Op basis van de geselecteerde materialen per ontwerpvariant houdt het programma bij in hoeverre een ontwerp voldoet aan de materiaal- en constructiegebonden maatregelen. De maatregelen die betrekking hebben op de ontwerpfase en de beheerfase kunnen door het keuzemodel niet automatisch gekoppeld worden.



## 3 DATA

In paragraaf 3.1 is voor de verschillende beoordelingsonderdelen aangegeven waar de gebruikte defaultdata vandaan komen. Waar aanvullende data verzameld kunnen worden is weergegeven in paragraaf 3.2.

Getracht is met het keuzemodel een zo volledig mogelijk beoordeling te maken van alle milieueffecten die bij een milieubeoordeling horen. Van de milieucriteria is echter aangegeven dat twee van de vijftien milieucriteria niet in het keuzemodel beoordeeld konden worden. Hierdoor is de (ongewogen) volledigheid bij de beoordeling van het aantal milieucriteria direct kleiner dan 100%. Afhankelijk van de weging die de gebruiker selecteert kan de gewogen volledigheid stijgen of dalen.

Bij de resultaten van de LCA- en LNC-beoordeling is aangegeven wat de datakwaliteit is van de gebruikte data op een schaal van 0% (heel slecht) tot 100% (heel goed). In paragraaf 3.1 wordt aangegeven hoe de datakwaliteitsbeoordeling tot stand is gekomen.

### 3.1 Herkomst van defaultdata

#### LCA

Voor de LCA-gegevens is zoveel mogelijk gebruik gemaakt van openbare LCA-data en LCA-rapporten die voor eerdere opdrachten voor DWW zijn opgesteld (zie tabel 3.1).

Normaliter heeft het de voorkeur om specifieke LCA-gegevens te gebruiken die geldig zijn voor een specifieke situatie binnen een LCA. Omdat het keuzemodel bedoeld is voor brede toepassing in uiteenlopende situaties heeft het opnemen van dergelijke specifieke gegevens echter geen zin.

Tabel 3.1: Voorkeursvolgorde van gebruikte LCA-data

Herkomst LCA data	Voorkeursvolgorde
Gevalideerde openbare databases	1
Openbare LCA-data	2
LCA-rapporten beschikbaar bij DWW	3
Database NIBE	3
Specifieke gegevens	n.v.t.

Voor achtergrondgegevens zoals vrachtwagen- en riviertransport, evenals elektriciteitherkomst en afvalscenario's is uitgegaan van de VLCA-database (Vereniging voor LCA's in de bouw). Deze database is gebaseerd op de meest recente milieudata van ETH (Eidgenössische Technische Hochschule) in Zürich, die zijn bewerkt voor de Nederlandse situatie. Deze gegevens vormen samen de eerste referentiedatabase met achtergrondgegevens voor de Nederlandse bouw.

Er is uitgegaan van de gegevens waarin de kapitaalgoederen niet zijn meegenomen. Normaliter moeten kapitaalgoederen wel worden meegenomen. Een vrachtwagen kan bijvoorbeeld milieutechnisch worden afgeschreven over het aantal kilometers dat hij wordt gebruikt. De extra milieubelasting door het bijtellen van de productie van de vrachtwagen kan oplopen tot circa 20 à 30 % van de milieubelasting per kilometer. Omdat de meeste beschikbare LCA-gegevens van materialen de kapitaalgoederen buiten beschouwing laten, worden deze ook bij de beoordeling van energie en transport buiten beschouwing gelaten. Energie en transport zouden anders onevenredig zwaar in de beoordeling doorwegen. Zodra er LCA-data van materialen beschikbaar komen waarin kapitaalgoederen wel zijn meegenomen, kan er integraal worden overgeschakeld naar de gegevens inclusief kapitaalgoederen.

De gegevens uit de betondatabase van het Betonplatform zijn momenteel niet gebruikt. Deze gegevens zijn niet goed bruikbaar omdat de transportgegevens bij de milieugegevens van de materialen zijn opgeteld zonder daarbij aan te geven welk deel van de gegevens van het transport



afkomstig is. Doordat er in de betonprocessen met andere milieugegevens voor vrachtwagentransport wordt gerekend dan in andere in de database gebruikte materiaalprocessen zijn de gegevens niet vergelijkbaar.

Voor zover mogelijk zijn de gegevens over samenstellingen van materialen (zoals van beton) en transportafstanden gebruikt.

Voor de transportafstand van de productie- of overslaglocatie naar het werk is default 50 km aangehouden. Voor sommige materialen zijn afwijkende getallen in de database opgenomen. Deze defaultwaarden zijn in het keuzemodel bij de invoer van de materialen per ontwerpvariant te wijzigen.

Als transportafstand voor afvoer van de gesloopte of verwijderde materialen aan het eind van de levensduur is standaard 50 km aangehouden voor transport naar een breker of naar de stort, en een transportafstand van 100 km naar een AVI (afvalverbrandinginrichting) conform MRPI (Milieu Relevante Product Informatie). Voor de overige transportafstanden is 50 km aangehouden.

Voor het transport van materialen zoals basaltzuilen die in het werk worden hergebruikt is twee keer 25 km vrachtwagentransport aangehouden (transport van en naar een tijdelijke opbergplek). Alle transportafstanden naar het werk zijn in het keuzemodel als defaultafstand weergegeven en kunnen centraal en per materiaal worden gewijzigd.

### **Kosten en onderhoud**

De kostengegevens voor de nieuw te gebruiken materialen zijn voor het merendeel opgesteld door de Bouwdienst (G.A. Smit) en voor het overige ontleend aan de Elsevier-uitgave over kosten in de GWW-sector (Te Riele, 2000). Het gaat hierbij om de kosten van de materialen (investering) en de kosten van het aanbrengen in het werk (aanleg).

De onderhoudskosten worden default ingeschat op basis van de kosten voor aanschaf en aanleg van materiaal dat voor onderhoud nodig is gedurende de levensduur. Het onderhoud wordt daarbij uitgedrukt als percentage van het benodigde materiaal bij aanleg van de constructie. Het extra materiaalgebruik voor onderhoud wordt automatisch in de LCA meegenomen. De onderhoudsgegevens in het keuzemodel zijn gebaseerd op (praktijk)onderhoudsgegevens voor dijken in Zeeland. Het daadwerkelijke onderhoud hangt echter sterk af van de locatie (blootstelling) en kwaliteit van het materiaal en/of de constructie.

### **LNC-waarden**

Voor LNC-waarden zijn geen defaultgegevens opgenomen in het keuzemodel.

### **Overige**

Voor de overige aspecten zijn geen defaultgegevens opgenomen in het keuzemodel.

### **Nationaal Pakket**

Voor de beoordeling van de maatregelen uit het Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen voor de Grond-, Weg- en Waterbouw (1<sup>e</sup> versie) [CUR/CROW, 1999] is een selectie gemaakt van alleen die maatregelen die geldig zijn voor de waterbouw. Daarbij is er een onderscheid gemaakt naar de fase waarop de maatregel betrekking heeft: voorbereiding, materiaalgebruik, constructie en beheer.

Bij de automatische beoordeling van de maatregelen in het keuzemodel is alleen rekening gehouden met de materiaal- en constructiegebonden maatregelen (voor zover deze materiaal gerelateerd zijn). Specifieke constructiegebonden maatregelen zijn afhankelijk van de combinatie van materialen die in het werk worden gebruikt. Hoe de interactie is tussen die materialen (verkleefing, geen mogelijkheid tot hergebruik etc.) is op materiaalniveau niet te beoordelen.

### **Volledigheid**

Het keuzemodel maakt bij een vergelijking van alternatieven inzichtelijk op welke plaats in de database witte vlekken of ontbrekende gegevens bestaan. Als van een criterium geen score kan worden bepaald, dan is er misschien wel een totaalscore mogelijk, maar die is dan onvolledig. In dat geval wordt dat duidelijk doordat de volledigheid kleiner is dan 100%.

De volledigheid geeft weer hoe voorzichtig moet worden omgegaan met de uitkomsten van een vergelijking. Hoe kleiner de volledigheid, des te groter is de kans dat een vergelijking tot andere resultaten zou leiden bij 100% volledigheid van gegevens.

De volledigheid kan op twee wijzen worden bepaald: wegingonafhankelijk of wegingafhankelijk

#### *Wegingonafhankelijke volledigheid*

De wegingonafhankelijke volledigheid wordt bepaald door het aantal criteria waarmee een score kan worden bepaald te delen door het totale aantal criteria. Als van de 8 criteria bij 3 criteria, door ontbrekende gegevens, geen score mogelijk is, dan is de wegingonafhankelijke volledigheid 62,5%.

Deze volledigheid geeft een goede indicatie van het percentage bij de vergelijking ontbrekende criteria, maar daarmee is nog niet gezegd in hoeverre de ontbrekende criteria voor de vergelijking essentieel zijn of niet. De wegingafhankelijke volledigheid beantwoordt aan dit vraagstuk.

#### *Wegingafhankelijke volledigheid*

De wegingafhankelijke volledigheid - die ook eenvoudig volledigheid kan worden genoemd - wordt bepaald door te kijken naar de bijdrage van de ontbrekende criteria in de totale weging van de vergelijking. Als alle criteria even zwaar tellen (standaard ingesteld bij LNC-waarden en overige aspecten) dan is deze volledigheid gelijk aan de wegingonafhankelijke volledigheid.

Wanneer bijvoorbeeld een relatief onbelangrijk (laag weegpercentage) criterium in de database niet is vastgesteld en daardoor in de beoordeling ontbreekt, dan zal dit niet leiden tot een lagere volledigheid. Was de weging echter bijvoorbeeld 40%, dan leidt dit direct tot een volledigheid van maar 60%.

Binnen de huidige gehanteerde methode van de Eco-indicator 99 was het niet mogelijk om een beoordeling van 'biotische grondstoffen' en 'bulkgrondstoffen' te maken. Hierdoor is de volledigheid van het aantal beoordeelde milieucriteria beperkt tot 13 van de in totaal 15 criteria. Dit komt neer op een ongewogen volledigheid van de LCA van maximaal 87%.

Bij normalisatie en weging zijn bovendien de criteria 'stank' en 'geluid' buiten beschouwing gelaten. Hierdoor is de volledigheid van de LCA nog kleiner, tenzij 'humane gezondheid', waarvan 'stank' en 'geluid' deel uitmaken, met een weegfactor 0 wordt gewogen.

#### **Datakwaliteit**

Voor de beoordeling van de datakwaliteit van de gebruikte gegevens is er een verschil in de beoordeling tussen de LCA-data en de LNC-data.

#### *Datakwaliteit van LCA-data*

Voor de LCA-data is gebruik gemaakt van de door Van Oorschot [1999] voorgestelde procedure voor de beoordeling van de betrouwbaarheid van milieugegevens die ten grondslag liggen aan de milieukenngetallen. Gedachte achter de systematiek is dat de methode zelf inzichtelijk is en eenvoudig uit te voeren.

Bij de beoordeling worden vier datakwaliteitsparameters gehanteerd:

- compleetheid (materiaalbalans);
- betrouwbaarheid (ouderdom literatuur, eigen/officialle metingen);
- representativiteit (onderscheid naar cluster, branche en individueel);
- afbakening (compleetheid van procesboom).

Binnen deze parameters worden indicatoren gehanteerd, waarbij telkens 'scores' worden toegekend tussen 0,1 en 1,0. De scores zijn semi-kwantitatief. Er is geen sprake van een absolute schaal. De waardering van de indicatoren is subjectief. Er is van uitgegaan dat alle vier de datakwaliteitsparameters even relevant zijn. De totale datakwaliteitsscore wordt bepaald door de score van de vier datakwaliteitsparameters te sommeren en door vier te delen.

De vier datakwaliteitsparameters zijn alleen voor het hoofdproces per materiaal beoordeeld. De onderliggende processen (van bijvoorbeeld elektriciteit, transport of grondstofwinning) zijn buiten beschouwing gelaten. De score op de datakwaliteitsparameters is kwalitatief ingeschat door het uitvoerende bureau. Er is geen gebruik gemaakt van de beschreven semi-kwantitatieve indicatoren uit de beoordelingsmethode.



De datakwaliteitsscore per ontwerpvariant wordt bepaald door de datakwaliteitsscore van de toegepaste materialen te vermenigvuldigen met het relatieve massa-aandeel in de totale aanlegmassa die nodig is over de levensduur.

Voor de betrouwbaarheid van de LCA-data is er geen onderscheid gemaakt tussen wegingafhankelijke en wegingonafhankelijke betrouwbaarheid omdat er momenteel voor alle subcriteria dezelfde datakwaliteit geldt. Hierin komt pas verandering als de LCA-data voor de verschillende criteria uit verschillende bronnen worden betrokken.

#### *Datakwaliteit van LNC-data*

Voor de betrouwbaarheid van de ingevoerde LNC-data wordt alleen gecontroleerd of er geen verschillende waarderingen zijn ingevoerd op 1 criterium. Het keuzemodel rekent altijd met de slechtste waardering, maar geeft in dat geval aan dat de betrouwbaarheid lager is dan 100%.

Voor de betrouwbaarheid kan er evenals bij de volledigheid onderscheid worden gemaakt tussen wegingafhankelijke en wegingonafhankelijke betrouwbaarheid. Het gehanteerde principe hierin is hetzelfde als bij de volledigheid.

## **3.2 Verzamelen van aanvullende gegevens**

### **LCA**

Het is op dit moment niet mogelijk om aanvullende LCA-gegevens in het keuzemodel in te voeren of bestaande LCA-gegevens te wijzigen. Wel kunnen fysieke materiaalgegevens zoals dichtheid, gehalte holle ruimte en transportafstand naar het werk kunnen worden aangepast. Voor deze fysieke materiaalgegevens kan gebruik gemaakt worden van de bouwstoffenkaarten uit de Leidraad Bouwstoffen Rijkswaterstaat (Duzijn, 2000).

### **Kosten en onderhoud**

Zowel de Bouwdienst als de Elsevier-uitgave over kosten in de GWW van 2000 [Te Riele, 2000] zijn goede bronnen voor kostengegevens over investering en aanleg. In de Elsevier-publicatie wordt standaard voor verschillende aantallen of partijgrootten aangegeven wat de prijzen zijn. Deze kunnen worden gewijzigd door de aangepast.

Voor onderhoudsgegevens zijn er geen referentie databases. Specifieke praktijkgegevens zijn over het algemeen beschikbaar via de Dienstkringen.

### **LNC-waarden**

Voor LNC-waarden zijn geen defaultgegevens opgenomen in het keuzemodel. Dit betekent dat LNC-gegevens per keer opnieuw opgesteld moeten worden. Hiervoor kan gebruik gemaakt worden van inventarisaties van LNC-waarden voor bepaalde landschappen of gebieden. Deze data kunnen soms ook worden verkregen uit bijvoorbeeld een landschaps- of gebiedsvisie. LNC-effecten - de positieve dan wel negatieve verandering ten opzichte van de aanvangssituatie - dienen door een deskundige te worden ingeschat.

### **Overige aspecten**

Voor de overige aspecten zijn geen defaultgegevens opgenomen in het keuzemodel. Deze gegevens zijn sterk afhankelijk van de samenhang van de materialen in de constructie en de opbouw van de constructie in totaliteit. Het is aan de gebruiker om over de overige aspecten op constructieniveau een oordeel te vellen.

### **Nationaal Pakket maatregelen**

Om constructiegebonden maatregelen en maatregelen uit de voorbereidingfase en de beheerfase te scoren die niet automatisch door het keuzemodel worden gescoord, kan gebruik worden gemaakt van het overzicht van Nationaal-Pakketmaatregelen zoals dat in het keuzemodel is opgenomen. In het keuzemodel zijn alleen die maatregelen weergegeven die van toepassing zijn voor de waterbouw. Een volledig overzicht van maatregelen is te vinden in het Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen voor de

Grond-, Weg- en Waterbouw [CUR/CROW, 1999]. In het keuzemodel is gebruik gemaakt van de 1<sup>e</sup> versie. Bij het Nationaal pakket worden er periodiek updates gemaakt. De eerste update wordt in de loop van 2001 verwacht.



## 4 WEGING VAN CRITERIA

Voor de LCA beoordeling is er een aantal standaard weegsets gegeven die geselecteerd kunnen worden. Tevens is het mogelijk een eigen weegset in te voeren. Voor de beoordeling van LNC-waarden en overige aspecten moet altijd een eigen weegset ingevoerd worden. Hiervoor zijn geen defaults gegeven. Hieronder is aangegeven hoe de verschillende weegfactoren zijn vastgesteld.

### 4.1 Weegfactoren

#### LCA

De Eco-indicator 99 beperkt het eventuele probleem van subjectieve gevoeligheid bij weging zoveel mogelijk door slechts drie eindscores (humane gezondheid, ecosysteemkwaliteit en grondstoffen) te genereren, die niet direct bij elkaar op te tellen zijn. De weging van deze drie criteria is echter één van de laatste problemen, die alleen maar kan worden opgelost door een deskundigenpanel. Een dergelijke weging is weliswaar subjectief maar doordat het om slechts drie criteria gaat, nog voldoende transparant. Een wegingsdriehoek (zie paragraaf 4.3) kan bij de afweging van drie criteria een belangrijk hulpmiddel zijn.

Binnen de methode van de Eco-indicator 99 wordt een onderscheid gemaakt tussen drie verschillende perspectieven op basis waarvan de milieubeoordeling kan worden uitgevoerd. Hierin zijn zaken als houding en visie op de maatschappij verwerkt. Voor het onderscheid is gebruik gemaakt van de culturele theorie. De drie perspectieven zijn:

- Individueel* Tijdshorizon korte termijn (100 jaar of minder). Stoffen worden alleen meegenomen in de beoordeling als er voldoende wetenschappelijk bewijs is over het effect ervan;
- Hiërarchisch* Tijdshorizon lange termijn. Stoffen worden alleen meegenomen wanneer er consensus is over het effect ervan;
- Egalitair* Tijdshorizon extreem lang. Stoffen worden al meegenomen in de beoordeling als er slechts enige indicatie is over een mogelijk effect.

In het keuzemodel is voor de milieubeoordeling standaard uitgegaan van het hiërarchische perspectief omdat dat het beste aan lijkt te sluiten bij het Rijksbeleid.

Ook bij de selectie van de weegset kan gekozen worden voor een individuele, hiërarchische of egalitaire benadering. Deze weegsets zijn binnen het Eco-indicator 99 project middels een panel-procedure ontwikkeld. Daarnaast is er uit de panelprocedure een gemiddelde set weegfactoren bepaald. Hierbij worden 'humane gezondheid' en 'ecosysteemkwaliteit' bijna met een gelijk gewicht beoordeeld. 'Grondstoffen' wordt maar als half zo zwaar beoordeeld. Deze weging wordt in het keuzemodel aangegeven als de aanbevolen weging.

Daarnaast is er nog de mogelijkheid om te kiezen voor een weegset waarbij alle drie de criteria even zwaar wegen of om een volledig eigen weegset in te voeren.

#### LNC

Voor de weging van de verschillende LNC-criteria zijn geen standaard weegsets in het keuzemodel opgenomen. De weging van LNC-criteria zal per situatie verschillen, afhankelijk van welke aspecten op dat moment een rol spelen.

Standaard staan de gewichten voor alle hoofd- en subcriteria op nul. Per situatie moet de weegset voor afweging van de LNC-criteria worden vastgesteld.

### Overige aspecten

Ook de gewichten van de verschillende overige aspecten staan standaard op nul. Per geval zal moeten worden vastgesteld, wat het onderlinge belang van de meegenomen aspecten in de beoordeling is.

## 4.2 Multicriteria-analyse

In een multicriteria-analyse kunnen alternatieven op basis van meerdere criteria worden vergeleken. Naast duidelijk kwantificeerbare zaken kunnen ook kwalitatieve zaken worden beschouwd.

Voor de vergelijking tussen verschillende criteria wordt gewerkt met een multicriteriatabel (zie tabel 4.1). Het keuzemodel geeft hierin de scores van de ontwerpvarianten weer op LCA-, LNC- en overige aspecten. De beoordeling van kosten is buiten de multicriteria-analyse gehouden.

In tabel 4.1 is links de ingevoerde weging van de drie beoordelingsonderdelen weergegeven; het programma heeft zelf berekend dat met deze weging LCA voor 2/11, LNC voor 3/11 en overig voor 6/11 meetelt in de weging. Onderaan staan de uitkomsten. Oplossing 1 scoort in dit geval het laagst en is daarmee het best. Bij alle beoordelingsonderdelen is er vanuit gegaan dat hoger slechter is. Hogere waarden corresponderen met een grotere milieubelasting, een grotere aantasting van LNC-waarden en een grotere verslechtering van overige beoordelingsaspecten. Ook hogere kosten brengen een groter financiële belasting met zich mee

tabel 4.1: Voorbeeld van een multicriteriatabel

	weging	score variant 1	score variant 2	score variant 3	Score variant 4
LCA	2	10	6	0	4
LNC	3	2	5	10	8
Overig	6	4	6	9	8
som: 11					
Uitkomst		4,5	5,7	7,6	7,3

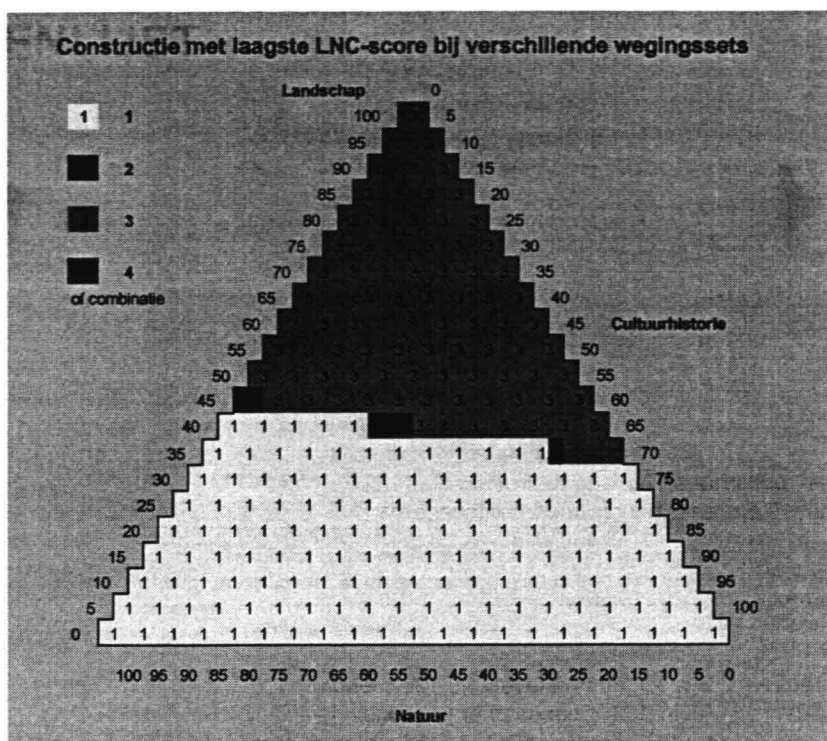
## 4.3 Gevoeligheidsanalyse van gebruikte weegsets

Op basis van berekeningen aan de ontwerpvarianten, bij verschillende basiswegingen, kan een wegingsdriehoek worden weergegeven.

De wegingsdriehoek, een driehoek met drie hoofdcriteria, geeft aan welke ontwerpvariant de beste score heeft bij elke weging van de drie criteria. De driehoek is bruikbaar voor een multicriteria-analyse met drie hoofdcriteria.

Een weegdriehoek laat voor elke mogelijke weegset zien welke ontwerpvariant het gunstigst uit de vergelijking naar voren komt (zie figuur 4.1). De driehoek bestaat in feite uit oneindig veel mogelijke wegingen. In het keuzemodel is de weegdriehoek vereenvoudigd tot alle mogelijke wegingen met stappen van 5%. De drie hoofdcriteria staan aan de drie zijden van de driehoek. Door op het geselecteerde wegingscijfer per criterium te gaan staan en van daaruit (bij tegengestelde klokrichting, parallel aan de vorige zijde van de driehoek) naar het kruispunt van de drie wegingscijfers (samen 100%) te gaan, wordt het gunstigste alternatief gevonden.

Zo is inzichtelijk of het resultaat bij de geselecteerde weging in sterke of zwakke mate afhankelijk is van een lichte aanpassing van de weging. Snel is duidelijk welk alternatief dominant is bij het geheel aan mogelijke wegingen.



figuur 4.1: Wegingsdriehoek voor LNC-waarden

Wanneer de gehanteerde weging zich nu midden in een groter vlak bevindt, wordt hiermee aangegeven dat ook bij een iets andere weging deze ontwerpvariant als beste scoort. Wanneer de gehele driehoek één vlak vormt, scoort de desbetreffende ontwerpvariant bij alle weegsets het beste. Het maakt dan dus niet uit hoe de criteria gewogen worden; er is één duidelijke beste variant.

Wanneer een alternatief ontwerp echter op alle drie de criteria net iets minder goed scoort, zal deze in de wegingsdriehoek nooit tevoorschijn komen. Desalniettemin kan het verschil met de ontwerpvariant die het beste scoort zeer klein zijn. Dit is in de driehoek niet zichtbaar.

Binnen het keuzemodel worden twee wegingsdriehoeken automatisch gegenereerd:

- de weging van de hoofdcriteria binnen de LCA: aantasting van humane gezondheid, aantasting van ecosysteemkwaliteit en uitputting van grondstoffen;
- de weging van de hoofdcriteria binnen de LNC-beoordeling: landschapswaarde, natuurwaarde en cultuurhistorische waarde.

Bij de beoordeling van overige aspecten kunnen er meer dan drie criteria een rol spelen. Het is niet mogelijk hiervan een wegingsdriehoek weer te geven.

De multicriteria-analyse van het eindresultaat van LCA, LNC en overige aspecten heeft wel betrekking op drie criteria. Omdat de multicriteria-analyse optioneel is, is er geen wegingsdriehoek weergegeven.







tabel 5.1: Overzicht van de belangrijkste verschillen in de beoordeelde ontwerpvarianten

Variant	Onderste helft talud	Bovenste helft talud
Bestaand	Vilvoordse + Doornikse steen + basaltzuilen	betonblokken + doorgroei stenen
Breksteen	overlaging breksteen 300-1000 kg	betonzuilen
Gepenetreerde breksteen	overlaging breksteen 5-40 kg met gietasfalt	basaltzuilen
Gekantelde blokken	overlaging breksteen 5-40 kg met gietasfalt	gekantelde betonblokken + basaltzuilen
Asfalt	breksteen 10-60 kg met gietasfalt	waterbouwasfaltbeton

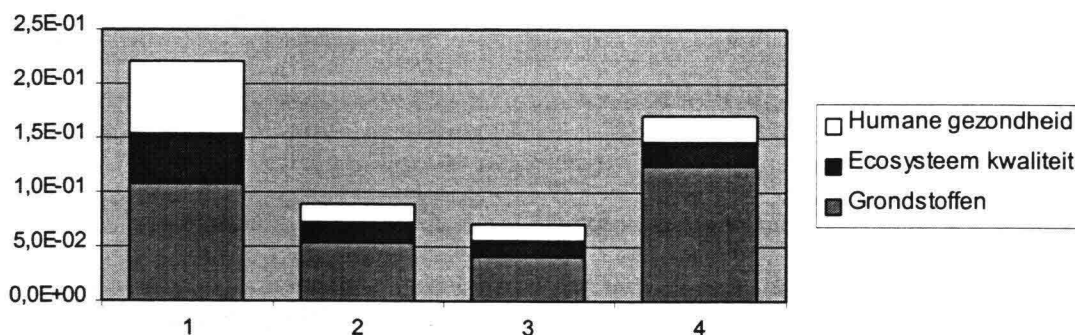
### Genormaliseerde resultaten

De resultaten van de verschillende criteria van een milieubeoordeling worden voordat ze met elkaar gewogen kunnen worden eerst genormaliseerd. Normalisatie vindt plaats door de veroorzaakte milieubelasting te delen door de totale milieubelasting die gedurende (bijvoorbeeld) een jaar wordt veroorzaakt door bijvoorbeeld één Nederlander, alle Nederlanders samen, één Europeaan of de gehele wereldbevolking. In het keuzemodel wordt uitgegaan van de milieubelasting die wordt veroorzaakt door één Europeaan gedurende één jaar.

### Resultaten op hoofdcriteria

Uit de milieubeoordeling komen bij gebruikmaking van de aanbevolen weegset de ontwerpvariant met gepenetreerde breksteen en de variant met gekantelde blokken samen als beste naar voren (zie tabel 5.2). Het verschil tussen deze twee constructies is klein. De uitputting van basalt komt in de beoordeling niet tot uiting doordat uitputting van bulkgrondstoffen (nog) niet in het model beoordeeld kan worden. Indien de uitputting van basalt wel beoordeeld zou worden, zou dit een grotere voorkeur opleveren voor de variant met gekantelde blokken. De asfaltvariant en de variant met breksteen komen samen als slechtste uit de beoordeling naar voren. Bij de asfaltvariant wordt dit met name veroorzaakt door de hoge score op uitputting van grondstoffen. Dit wordt veroorzaakt door de grote hoeveelheid energie (uitputting van energiedragers) en bitumen die nodig zijn. Bij de variant met breksteen is veel energie nodig voor het transport van breksteen uit Noorwegen. Dit vertaalt zich in de relatief hoge score voor uitputting van grondstoffen. De emissies die ontstaan ten gevolge van het energieverbruik hebben vervolgens effect op de humane gezondheid. Wanneer de asfaltvariant en de variant met breksteen worden vergeleken zal een lagere weging van het criterium grondstoffen in het voordeel uitpakken van de asfaltvariant.

tabel 5.2: gewogen genormaliseerde resultaten van de milieubeoordeling (variant 1=variant met breksteen, 2 = gepenetreerde breksteen, 3 = gekantelde blokken, 4 = asfalt)



Een overzicht van de ingevoerde veranderingen in LNC-waarden staat in tabel 5.3. De totale LNC-beoordeling geeft weinig significante verschillen. De weging van alle subcriteria en hoofdcriteria was daarbij gelijk. De verschillen bij 'landschap' en 'cultuurhistorie' zijn minimaal (<5%). De variant met gekantelde blokken en de asfaltvariant hebben een circa 20% respectievelijk 30% slechtere score op natuur vergeleken met beide andere ontwerpvarianten. Voor zover de getallen het toelaten hebben de variant met breksteen, met gepenetreerde breksteen en gekantelde blokken de voorkeur, met name door de betere score op natuurwaarde.

Bij gebruikmaking van de kostengegevens van de bouwdienst zijn de kosten van de asfaltvariant het laagst (zie tabel 5.4). De variant met gekantelde blokken, de variant met gepenetreerd breuksteen en de variant met breuksteen hebben respectievelijk 15%, 45% en 95% meerkosten. De gevoeligheid voor de ingevoerde kosten per m<sup>2</sup> basalt zijn daarbij sterk van invloed. Wanneer hiervoor de kostengegevens van Elsevier worden gebruikt zijn de variant met gepenetreerde breuksteen en met gekantelde blokken veruit het duurste. Ten opzichte van de asfaltvariant liggen de totale kosten dan op 260 respectievelijk 160% meerkosten. De kostenbeoordeling is echter erg gevoelig voor de ingevoerde kostengegevens voor basalt.

tabel 5.3: overzicht van de ingevoerde veranderingen in LNC-waarden

Criterium	sub weging	Constructie			
		1: Overlaging	2: Gepen. breuksteen	3: Gekanteld blokken	4: Asfalt
Landschap					
samenhang waarneembaar	20%	-	--	--	--
samenhang vorm en functie	20%	-	o	o	o
afleesbaarheid nat. systeem	20%	- / o	-	-	--
afleesbaarheid ontwikkeling	20%	o	o	o	o
visuele samenhang	20%	o	- / o	o	o
Natuur					
kenmerkendheid	20%	o	o	o	o
zeldzaamheid	20%	- / o	- / o	-	--
diversiteit	20%	+	o	- / o	-
kansrijkheid	20%	- / o	- / o	-	--
vervangbaarheid	20%	o	o	o	o
Cultuurhistorie					
zeldzaamheid	20%	o	o	o	o
authenticiteit	20%	o	o	o	o
samenhang	20%	o	o	o	o
kenmerkendheid	20%	-	- / o	- / o	-
symboliek	20%	o	o	o	o

De verschillen in kosten uit de verschillende bronnen zijn erg belangrijk voor het resultaat van de kostenvergelijking tussen de constructies. Vanuit oogpunt van gelijkheid verdient het aanbeveling om alle kosten uit één bron te betrekken. In Te Riele (2000) zijn slechts voor een beperkte hoeveelheid materialen en activiteiten kostengegevens beschikbaar. Toch zijn de waarden voor beton- en basaltzuilen aannemelijk. De getallen die door de Bouwdienst zijn verzameld lijken aan de lage kant.

tabel 5.4: resultaten van de kostenbeoordeling (in euro)

	Constructie			
	1: Overlaging	2: Gepen. breuksteen	3: Gekantelde blokken	4: Asfalt
Materiaal inclusief aanbrengen	€ 1.355	€ 2.505	€ 1.833	€ 724
Vervangingen	€ -	€ -	€ -	€ -
Onderhoudskosten	€ 54	€ 156	€ 111	€ 3
Sloopkosten	€ 32	€ 25	€ 27	€ 27
Restwaarde	€ -	€ -	€ -	€ -
Bijkomende kosten	€ -	€ -	€ -	€ -
Totaal over levensduur	€ 1.441	€ 2.687	€ 1.971	€ 754

De grootte van het werk is van invloed op de kosten. Dit soort schaalvoordelen komen niet tot uiting en correctie hiervoor kan alleen handmatig worden gemaakt.

Het probleem met de defaultkosten is dat deze eigenlijk alleen geldig zijn voor de default afmetingen. Het keuzemodel geeft in eerste instantie aan wat de verwachte kosten zijn voor de default lengtes of diktes. Wanneer er andere diktes of lengtes ingevoerd worden, wordt de weergegeven kostprijs berekend op basis van rechtevenredige verhoudingen tussen de ingevoerde lengte of dikte en de default lengte of dikte uit de database. Dit is een benadering van de werkelijkheid. Voor basaltzuilen bijvoorbeeld gaat de kostprijs exponentieel omhoog bij langere zuilen.

## 5.2 Casus 2 – Kribben in Oost-Nederland

Het was bij de beoordeling van kribben alleen mogelijk om te kijken naar de beoordeling van een strekkende meter lengte uit het middendeel (de staart), en dus niet van de kop en de overgang aan landzijde. Het nadeel daarvan is dat er geen volledige beoordeling kan worden gemaakt. Een groot deel van de kosten die wordt gemaakt bij de aanleg of renovatie wordt bijvoorbeeld veroorzaakt door de constructie van de kop. Bij de beoordeling van de kosten van verschillende varianten op basis van een strekkende lengtemeter moet dus worden bedacht dat op basis van deze beoordeling eigenlijk niets kan worden gezegd over de kosten van een volledige krib.

De vergelijkingsbasis wordt gevormd door één strekkende meter uit het middendeel van de krib. Voorwaarde voor een vergelijkingsbasis is dat de verschillende ontwerpen op dezelfde plek dezelfde functie kunnen vervullen. Dit betekent dat het veelal onmogelijk is om ontwerpen van verschillende locaties te vergelijken. Op verschillende plekken is de rivier niet even diep, is er een binnen of buitenbocht, spelen er andere stromingsproblemen waardoor de krib afwijkend moet zijn.

Voor de vergelijking is voor deze case uitgegaan van de principeschetsen en schetsontwerpen zoals die voorkomen in de publicatie 'Vernieuwend ontwerp kribverlenging Midden-Waal' van Ariëns [1995]. Er is uitgegaan van principeontwerpen en principeschetsen van de volgende varianten:

- zetsteenkrib;
- stortsteenkrib;
- schanskorfkrib;
- paalkrib.

De kern van de zetsteenkrib bestaat uit zand. De kruin en het bovenste deel van het (zij-)talud hebben een bekleding van betonzuilen. Onder de bekleding bevindt zich een laag gebroken grind en geotextiel. Het geotextiel omsluit het zandlichaam en is vastgezet met perkoenpalen. Het gezette bovengedeelte van de krib wordt ondersteund door een steunberm. Zowel de steunberm als het onderliggende talud bestaan uit een kraagstuk (wiepenrooster met geotextiel) met een breuksteen bestorting.

De stortsteenkrib bestaat volledig uit breuksteen 10-60 kg.

De schanskorfkrib bestaat volledig uit schanskorven. Er is uitgegaan van schanskorven van 2 x 1 x 0,5 meter met een gaaswerk van gegalvaniseerd stalen draden met een maaswijdte van 7 centimeter.

Voor de levensduur van schanskorven is uitgegaan van 30 jaar.

De paalkrib bestaat uit ronde houten palen van 10 meter lengte met een diameter van 23 centimeter.

Er is uitgegaan van 2 palen per strekkende meter. De palen zijn van tamme kastanje en hebben een levensduur van ongeveer 25 jaar. Op de rivierbodem wordt boven op een geotextiel een bestorting van een halve meter met breuksteen 5-40 kg aangebracht.

Voor alle varianten is uitgegaan van een gemiddelde insteekhoogte ten opzichte van de bodem van 6 meter. In de beoordeling is geen bestaande constructie betrokken. De verschillen in LNC-waarden en overige aspecten die bij de verschillende ontwerpvarianten optreden zijn niet in het keuzemodel ingevoerd.

### Randvoorwaarden resultaten

Er is geen rekening gehouden met een bestaande constructie. Alle materialen die nodig zijn, zijn dus als nieuwe materialen beoordeeld. Wanneer er sprake is van een bestaande constructie waaruit materiaal kan worden hergebruikt, kunnen de milieu- en kostenvoordelen zeer groot zijn.

De milieubelasting ten gevolge van het extra materiaal dat voor onderhoud nodig is, is onder de noemer van correctief onderhoud meegenomen. Dit zijn echter ingeschatte gegevens op basis van gemiddelden uit casus 1 (dijken in Zeeland). Daarnaast kunnen de onderhoudsgegevens per partij materiaal door kwaliteitsverschillen aanzienlijk verschillen.

### LCA-resultaten op hoofdcriteria

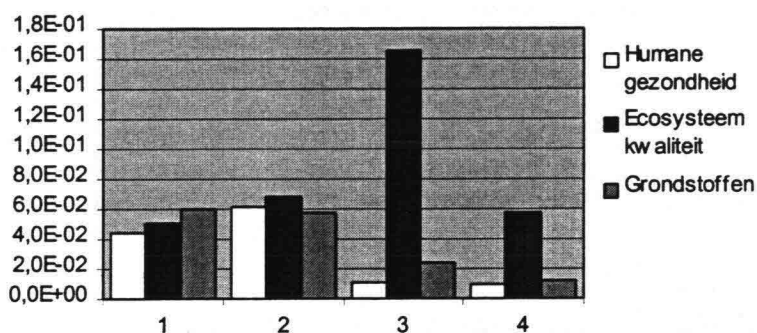
Binnen de hierboven genoemde kanttekeningen van de beoordeling en weging van de sub- en hoofdcriteria wordt het verschil tussen de ontwerpvarianten voornamelijk veroorzaakt door de

verschillen in de hoeveelheid gebruikt (nieuw) materiaal. Op 'grondstoffen' scoren de zetsteenkrib en de stortsteenkrib ongeveer even goed (zie tabel 5.5). Op 'humane gezondheid' en 'ecosysteemkwaliteit' scoort de stortsteenkrib licht hoger dan de zetsteenkrib. De schanskorfkrib scoort vergeleken met de zetsteen- en de stortsteenkrib op 'humane gezondheid' en 'grondstoffen' beduidend lager, maar op 'ecosysteemkwaliteit' fors hoger (waarbij hoger net als bij kosten een grotere last is, in dit geval voor het milieu).. Het langzaam maar zeker oplossen van het zink van het verzinkte staal dat is verwerkt in de schanskorven veroorzaakt de hoge score op 'ecosysteemkwaliteit'.

De paalkrib scoort door het geringe materiaalgebruik op 'humane gezondheid' en 'grondstoffen' lager dan de zetsteenkrib of de schanskorfkrib en op 'ecosysteemkwaliteit' ongeveer even hoog.

De paalkrib scoort bij bijna alle weegsets het laagst, tenzij 'ecosysteemkwaliteit' zeer zwaar wordt gewogen binnen de weegset. De zetsteen- en stortsteenkrib ontlopen elkaar maximaal 20% bij de default wegingsset. De schanskorfkrib scoort zeer hoog op 'ecosysteemkwaliteit'. Alleen wanneer het aandeel binnen de wegingsset van 'ecosysteemkwaliteit' lager is dan circa 30%, scoort de schanskorfkrib beter dan de zetsteenkrib. De zetsteenkrib heeft bijna bij alle wegingssets een lagere score dan de stortsteenkrib.

tabel 5.5: genormaliseerde resultaten van de milieubeoordeling per halve strekkende meter van het kriblichaam (variant 1 = zetkrib, 2 = stortsteen, 3 = schanskorfkrib, 4 = paalkrib)



Ongeveer de helft van de milieubelasting van de schanskorfkrib wordt veroorzaakt door transport naar het werk. Voor betongranulaat zijn de default afstanden voor transport over weg en water gebruikt. Het van dichterbij halen van het betongranulaat leidt tot een aanzienlijk lagere milieubelasting. Hierdoor kan de schanskorfkrib beter gaan scoren dan de zetsteenkrib.

De stortsteenkrib heeft relatief weinig milieubelasting door transport naar het werk over water. Het transport van de breuksteen zit bij de milieubelasting van het materiaal inbegrepen en komt dus niet tot uiting bij het transport naar het werk. Indien dat wel het geval zou zijn, dan zou breuksteen nog een veel hoger aandeel van de milieubelasting hebben als gevolg van transport.

### Kosten

De schanskorfkrib en de paalkrib hebben de laagste investeringskosten (zie tabel 5.6). De schanskorfkrib moet na 30 jaar echter volledig worden vervangen. De palen van de paalkrib worden na 25 jaar vervangen. De zetsteenkrib is qua investeringskosten 2 tot 3 keer zo duur en de stortsteenkrib weer 2 tot 3 keer zo duur als de zetsteenkrib.

Voor onderhoud is er gerekend met vaste percentages. Er is van uitgegaan dat de jaarlijkse onderhoudskosten exclusief inspectiekosten circa 2% zijn van de investeringskosten (aanschaf- en aanlegkosten) voor de zetsteenkrib, de stortsteenkrib en de paalkrib. Voor de schanskorfkrib is rekening gehouden met 4%. In de beoordeling is geen onderhoud als gevolg van calamiteiten weergegeven. Hierdoor komt het eventuele voordeel van de stortsteenkrib niet tot uiting; deze is immers eenvoudig en met lage kosten te repareren.

Voor de toekomstige sloopkosten is er uitgegaan van de huidige kosten, die ook nu bij sloop van de volledige constructie zouden worden gemaakt.

Wanneer wordt gekeken naar de totale netto contante kosten over de levensduur zijn de paalkrib en de schanskorfkrib met betongranulaat het goedkoopst. De zetsteenrib is ruim 2 keer zo duur en de stortsteenrib ruim 5 keer. De vaste percentages onderhoudskosten dragen bij constructies met hoge investeringskosten extra bij aan een de hoge totaalkosten. Bij de schanskorfkrib is bovendien gerekend met 4% jaarlijks onderhoud in tegenstelling tot de 2% bij de andere constructies.

tabel 5.6: resultaten van de kostenbeoordeling (in euro)

	Constructie			
	1: Zetkrib	2: Stortkrib	3: Schanskorfkri b	4: Paalkrib
Materiaal inclusief aanbrengen	€ 764	€ 2.137	€ 238	€ 284
Vervangingen	€ 124	€ -	€ 107	€ 98
Onderhoudskosten	€ 417	€ 1.171	€ 257	€ 154
Sloopkosten	€ 68	€ 61	€ 40	€ 3
Restwaarde	€ -	€ -	€ -	€ -
Bijkomende kosten	€ -	€ -	€ -	€ -
Totaal over levensduur	€ 1.374	€ 3.369	€ 643	€ 538

De schanskorfkrib heeft hellingen van 1:1. De zetsteen- en stortsteenrib hebben taludhellingen van circa 1:3. Hierdoor heeft de schanskorfkrib slechts 1/3 van het volume van de zetsteen- en stortsteenrib. Wanneer er gerekend zou worden met hetzelfde volume materiaal, zou de schanskorfkrib er veel slechter uitkomen.

Voordelen van grote hoeveelheden en grote machines bij de aanleg kunnen vanuit de database moeilijk worden meegenomen. Dit aspect moet door de ontwerper zelf worden ingevoerd.

Wanneer de materiaalkosten (inclusief aanbrengen) worden vergeleken met de gegevens uit Ariëns [1995], dan zijn deze voor de zetkrib ongeveer gelijk, voor de stortkrib 3 keer zo hoog, voor de schanskorfkrib met stortsteen 4 keer zo laag en voor de paalkrib iets minder dan de helft.

De verschillen tussen Ariëns en de resultaten uit de casus worden voornamelijk veroorzaakt door verschillen in opbouw van de desbetreffende kribben. De kostengegevens zijn daardoor eigenlijk niet vergelijkbaar. Bij de stortkrib bijvoorbeeld wordt het verschil veroorzaakt doordat in casus 2 is gerekend met een krib die volledig is opgebouwd uit stortsteen. Per strekkende meter is hiervoor circa 230 ton stortsteen nodig. In Ariëns is slechts 25 ton per strekkende meter meegenomen. Daarnaast is er echter een kraagstuk in rekening gebracht. De prijs die voor het stortsteen is gerekend is in beide gevallen ongeveer gelijk.

Bij de schanskorfkrib wordt het verschil veroorzaakt doordat de prijs van de schanskorven nogal uiteenloopt. In het keuzemodel is uitgegaan van de prijs van betongranulaat of stortsteen met een klein opslagpercentage. In Ariëns is de kostprijs een factor 3 tot 4 hoger in het geval van vulling met betongranulaat. Daarnaast is in Ariëns rekening gehouden met extra benodigd betongranulaat, stortsteen en kraagstukken. In het keuzemodel is alleen gekeken naar de schanskorven.

Bij de paalkrib wordt het verschil veroorzaakt door de prijs van de houten palen. In het keuzemodel wordt de prijs bepaald op basis van het gebruikte volume hout. De daadwerkelijke prijs voor dergelijke dikke en lange stammen is echter veel hoger dan op basis van een generieke prijs per kubieke meter wordt verwacht.



## 6 SLOTOPMERKINGEN EN AANBEVELINGEN

De doelstelling van het keuzemodel is vooral dat een gebruiker voor zichzelf een vergelijking kan maken tussen een aantal ontwerpvarianten voor een kust- of oeverwerk. Het keuzemodel biedt daartoe de gelegenheid. Voor deskundige gebruikers van het model is voor LNC- en LCA-aspecten middels wegingsdriehoeken snel inzichtelijk hoe de gevoeligheid van de uitkomsten afhankelijk is van de gekozen weegfactoren. Tevens wordt voor de milieubeoordeling (bij de gekozen weegset) en voor de kostenbeoordeling automatisch een zwaartepuntanalyse uitgevoerd ("welke onderdelen bepalen het resultaat?"). Deskundigen kunnen ook uit de voeten met de tabellen met uitkomsten (in het tabblad 'resultaten detail'), waarin nog geen normalisatie of weging is toegepast. Gebruikers die minder gespecialiseerd zijn zullen vooral naar het tabblad 'resultaten kort' kijken.

De beoordeling van milieueffecten die binnen een levenscyclusanalyse (LCA) worden geïnventariseerd is het meest gedetailleerd uitgewerkt van de verschillende beoordelingsonderdelen in het keuzemodel. Er bestaan echter verschillende methoden waarmee de milieuprofielen, die het resultaat zijn van een LCA-beoordeling, kunnen worden gewogen tot een eindscore. Duidelijk moet zijn dat aan elke methode waarbij een weging wordt toegepast bezwaren kleven. Zonder wegingmethodiek zijn echter geen eindscores en afwegingen mogelijk; wat dat betreft is bij het keuzemodel zoveel mogelijk aangesloten bij recente en goed onderbouwde methodieken.

Getracht is zoveel mogelijk essentiële milieuaspecten mee te nemen, maar helaas bestaat niet voor alle aspecten een breed gedragen beoordelingsmodel. Het keuzemodel is wat dat betreft afhankelijk van ontwikkelingen die elders plaatsvinden maar kan recente methoden meenemen bij de beoordeling van milieuaspecten. De structuur van het model biedt daartoe voldoende flexibiliteit. In de toekomst zal scherp zicht moeten worden gehouden op ontwikkelingen, die in de wereld van de milieubeoordeling snel gaan.

Essentieel bij de beoordeling van LCA-aspecten is de database, die voor een eerlijke beoordeling volledig moet zijn en gebaseerd op verantwoorde bronnen. Daartoe is in het keuzemodel de datakwaliteit weergegeven.

Gedurende het ontwikkelen van het keuzemodel is gebleken dat het vooralsnog niet mogelijk is om via een computerprogramma te komen tot een waardering van LNC-aspecten. De materie en reguliere werkwijze bij de inventarisatie en waardering van LNC-aspecten zijn te complex om de beoordeling door een programma te laten doen. Het keuzemodel laat de waardering van de verschillende LNC-aspecten dan ook over aan de gebruiker. Een LNC-scorekaart zou voor ontwerpers een hulpmiddel kunnen zijn bij de beoordeling van LNC-aspecten. LNC-waarden verschillen echter sterk van plek tot plek en laten zich waarschijnlijk niet vatten in een scorekaart.

De deskundigheid die aanwezig is bij het waarderen van de verschillende subcriteria en de weging daarvan lijkt een belangrijke rol te spelen. In hoeverre deskundigheid echter is vereist om gebruik te kunnen maken van het keuzemodel is nog onvoldoende duidelijk. Dit moet in het vervolg middels praktijkervaringen worden onderzocht.

Voor de LNC-beoordeling kan momenteel geen standaardprocedure worden gegeven voor het vaststellen van de weegfactoren. De ontwerper is hierdoor sterk afhankelijk van een deskundiger iemand op dit vlak. Door een standaardprocedure voor de vaststelling van de weegset te maken kan de zelfstandigheid van de ontwerper bij het gebruik van het keuzemodel worden vergroot.

De gebruikte weegset is bij de verschillende beoordelingen deels bepalend voor het resultaat. Bij elke beoordeling waar geen gebruik gemaakt wordt van de aanbevolen weging (alleen bij de LCA) zou vastgelegd moeten worden hoe men is gekomen tot die weegset. De motivatie van de gebruikte weegset is van groot belang voor de acceptatie van de beoordelingsresultaten.

## **Aanvullingen en verbeteringen in het vervolg**

### *Verbeteringen in het keuzemodel*

De correctheid (typfouten), juistheid (afwijking ten opzichte van mogelijke grenswaarden) en compleetheid (of alle benodigde gegevens zijn ingevoerd) van de invoer is momenteel nog volledig de verantwoordelijkheid van de gebruiker. In de toekomst kan het keuzemodel zo worden opgezet dat de invoer wordt getoetst op correctheid, juistheid en compleetheid.

Momenteel is het mogelijk alle invoer en resultaten te printen door gebruik te maken van de standaard printmogelijkheden binnen Excel. In de toekomst kan hiervoor een keuzemenu gemaakt worden waarin de gebruiker kan aangeven welke onderdelen wel of niet geprint moeten worden.

Tevens zou het handig zijn om de ingevoerde ontwerpvarianten te kunnen opslaan en terughalen. Dit wordt gezien als een softwaretechnisch onderdeel van de verdere optimalisering van het Keuzemodel Kust- en Oeverwerken, dat gepland staat voor de rest van 2001.

### *Databases*

De LCA- en kostengegevens in de database zijn met zorg samengesteld, maar zullen in de loop van de tijd verouderen en zijn niet altijd voldoende representatief voor de situatie die de gebruiker in het keuzemodel beoordeelt. In de praktijk kan niet van de gebruiker worden verwacht dat hij actuele gegevens verzamelt. Daarbij komt dat de beschikbare LCA-gegevens naar de indruk van de DWW niet allemaal van voldoende kwaliteit zijn om daarop dagelijks beslissingen te baseren.

Dit betekent dat de database in het keuzemodel steeds opnieuw moet worden geüpdate met gegevens uit databases binnen en buiten RWS met kosten en LCA-gegevens van bouwmaterialen. Eventueel kan er in de toekomst gebruik worden gemaakt van directe links via intranet/internet. Bij het updaten moeten beschikbare gevalideerde LCA-gegevens van leveranciers van bouwstoffen in de database worden opgenomen. Uiteindelijk zijn leveranciers de enigen die goede LCA-gegevens kunnen verzamelen. Rijkswaterstaat zal leveranciers actief moeten benaderen om ze te stimuleren actuele en betrouwbare LCA-gegevens te verstrekken.

### *Geluidhinder en fijn stof in de milieubeoordeling*

De LCA-beoordeling toont momenteel een grote gevoeligheid voor geluidhinder en stof als onderdeel van humane gezondheid. Juist in de ernst van de gezondheidseffecten van geluid zit de grootste zwakte van de methode die is gebruikt voor de beoordeling van geluidhinder. In de eindbeoordeling van de milieueffecten is geluidhinder niet meegenomen. Bij stof wordt het effect op de humane gezondheid met name bepaald door de grootte van de stofdeeltjes. Fijn stof is zeer schadelijk, terwijl grof stof dit nauwelijks is. Juist op dit vlak wordt in de onderliggende LCA-gegevens weinig onderscheid gemaakt (vroeger werd dit verschil namelijk niet of nauwelijks onderkend). Wanneer het in de LCA-gegevens blijkt te gaan om grof stof in plaats van gewoon (middelmatic) stof dan heeft dit grote consequenties voor de milieuscore. Om dit risico te verkleinen zou van alle onderliggende processen nauwkeurig moeten worden bekeken hoe groot het aandeel van de stofemissies is in de karakterisering van het criterium 'respiratie anorganisch' (als onderdeel van 'humane gezondheid').

### *Beperkte geldigheid default kostengegevens.*

In de database met kostengegevens zijn nu globale gegevens opgenomen. Prijzen van bouwstoffen kunnen door het jaar heen, van plaats tot plaats en afhankelijk van de grootte van het werk echter sterk verschillen. Bij de kostenbeoordeling moet tevens in het achterhoofd worden gehouden dat ook bij de aanbesteding van een project verschillen in kosten van 10 tot 20% kunnen optreden.

De huidige defaultkosten in de database zijn geldig voor het materiaal met de default afmetingen. Bij afwijkende afmetingen worden er op basis van een lineariteitsaanname tussen de prijs en de dikte en/of de lengte van het materiaal afwijkende defaultkosten berekend. Deze aanname gaat bij een aantal materialen zoals houten palen en basaltsteen zuilen echter niet op. Om dit probleem goed te ondervangen is het nodig om een uitgebreide database met kostengegevens aan het keuzemodel te koppelen.



### *Invoer en deskundigheid*

De deskundigheid die aanwezig is bij het invoeren (keuze) van de verschillende subcriteria en de beoordeling en afweging daarvan speelt een belangrijke rol. In hoeverre deskundigheid bij bijvoorbeeld de beoordeling van LNC-waarden vereist is om gebruik te kunnen maken van het keuzemodel is nog onvoldoende duidelijk. Dit moet in het vervolg middels praktijkervaringen worden onderzocht.



# BRONNENLIJST

- Ariëns, E. e.a. Vernieuwend ontwerp kribverlenging Midden-Waal  
Augustus 1995, Bouwdienst RWS Dienst Weg en Waterbouwkunde
- CUR/CROW  
(DHV) Nationaal pakket Duurzaam bouwen GWW  
juli 1999, CROW/CUR, Gouda
- Duzijn, R.F. e.a. Leidraad Bouwstoffen Rijkswaterstaat; Praktische informatie over  
bouwstoffen en materiaalkeuzes voor wegenbouw en natte waterbouw.  
DWW rapport nr.: P-DWW-99-055  
Maart 2000, DWW, Delft.
- DWW/NIBE 1 Keuzemodel Kust- en Oeverwerken; Ontwikkeling van een  
ontwerpondersteunend model voor de beoordeling van effecten op LNC-  
,milieu en kostenaspecten. Eindrapport fase 1 & 2, versie 3.3. W-DWW-  
2000-053. Juli 2000, RWS-DWW, Delft.
- DWW/NIBE 2 Keuzemodel Kust- en Oeverwerken; Case 1 – Dijken in Zeeland. Definitief  
werkdocument, versie 1.1. Januari 2001, RWS-DWW/NIBE, Delft/Naarden
- DWW/NIBE 3 Keuzemodel Kust- en Oeverwerken; Case 2 – Kribben in Oost-Nederland.  
Definitief werkdocument, versie 1.1. Juni 2001, RWS-DWW/NIBE,  
Delft/Naarden
- DWW/NIBE 4 Keuzemodel Kust- en Oeverwerken; Verslag Workshop. Definitief  
werkdocument, versie 1.0. Mei 2001, RWS-DWW/NIBE, Delft/Naarden
- Goedkoop, M./ Spriensma, R. The Eco-indicator 99 - A damage oriented method  
for Life Cycle Impact Assessment (Methodology report)  
preliminary internet version, 5 oktober 1999, Pré Consultants bv
- Heijungs, R. (ed.) Milieugerichte levenscyclusanalyses van producten - handleiding en  
achtergronden (NOH rapport 9253 en 9254)  
oktober 1992, CML, Leiden
- Müller-Wenk, R. Life cycle impact assessment of road transport noise  
IWÖ discussion paper no. 77, december 1999
- Oorschot, G.F. van Datakwaliteit milieukengetallen - innovatieve methode voor de  
beoordeling  
artikel in Bouwadviseur nr. 4 1999, blz. 34-36
- Riemsdijk van Eldik, J.  
(TAW) Leidraad keuzemethodiek dijk- en oeverbekledingen deel I en II  
1986, TAW
- Technische Adviescommissie  
voor de Waterkeringen Handreiking Inventarisatie en waardering LNC-aspecten - een methode  
voor beschrijving van en betekenis-toekenning van de LNC-aspecten  
in de planvorming van de dijkversterking  
april 1994, TAW, Utrecht
- Technische Adviescommissie  
voor de Waterkeringen Leidraad Zee- en Meerdijken - Basisrapport  
december 1999, TAW, Den Haag
- Te Riele, J.L.M., e.a. GWW Kosten; Kust- en oeverwerken, werk algemene aard  
2000, Elsevier bedrijfsinformatie, Doetinchem



# BIJLAGEN

Overzicht keuzemodel (uitdraaien)



## Keuzemodel kust- en oeverwerken - Inhoud

### Overzicht tabbladen

#### *Algemeen*

Inhoud

Dit tabblad

Basisgegevens

Ruimte voor algemene projectgegevens en instellen van een aantal standaardwaarden zoals de levensduur van de constructie, de rentevoet en de inflatie

#### *Invoer gegevens*

Invoer geometrisch dwarsprofiel

Invoer van het geometrisch dwarsprofiel van de verschillende ontwerpvarianten

Ontwerpvariant 1

Per ontwerpvariant:

Ontwerpvariant 2

- Invoer van de gebruikte materialen, aanpassen van materiaalparameters

Ontwerpvariant 3

- Invoer van onderhoudsfrequentie en kosten

Ontwerpvariant 4

- Inschaling van de verandering ten opzichte van de huidige situatie voor de verschillende LNC-waarden en overige aspecten

Weging

Invoer van de weging van de LCA- en LNC-criteria en van de overige beoordelingsaspecten

#### *Resultaten*

Resultaten detail

Overzicht van kosten en scores op hoofd- en subcriteria van LCA, LNC en overige criteria.

Resultaten kort

Eindresultaten LCA, LNC, kosten en overige aspecten. Met de resultaten van de LCA, LNC en overige aspecten kan een multicriteria-analyse uitgevoerd worden

Analyse gebruikte weegset

Invloed van de gebruikte weegfactoren op het eindresultaat van de LCA- en LNC-beoordeling

NP DuBo GWW

Overzicht van maatregelen uit het Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen voor de Grond-, Weg- en Waterbouw, waaraan de verschillende constructies voldoen op basis van materiaal- en constructiegebonden eigenschappen



## Keuzemodel kust- en oeverwerken - Basisgegevens

versie: 3.2 casus A  
datum: 22 juni 2001

in opdracht van: Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, afdeling AB  
geschreven door: Nederlands Instituut voor Bouwbiologie en Ecologie

Projectnummer DWW: 1724  
Projectnummer NIBE: 586

### Gegevens project

naam	Dijken in Zeeland - case 1	betrokkenen	W.J. Bak
nummer			J.W. Broers
code			N. Nurmohamed

### Gegevens opdrachtgever

opdrachtgever	Dienst Weg- en Waterbouwkunde	functie	
contactpersoon	ir. W.S. de Vries	telefoon	015-2518518
postadres	Postbus 5044	fax	015-2518555
postcode, plaats	2600 GA Delft	E-mail adres	w.s.dvries@dww.rws.minvenw.nl
bezoekadres		doorkiesnummer	015-2518423
postcode, plaats			

### Factoren, correctiegetallen en defaultwaarden

ontwerplevensduur constructie voor vergelijkingsbasis	50	jaar
disconteringsvoet voor kostenbeoordeling	4,75	%
gemiddelde jaarlijkse inflatie	2,00	%
indexcijfer voor prijspeil (2000 = 100)	100	
Default transportafstand naar werk	50	kilometer

### Overige beoordelingsaspecten

het gaat hier om beoordelingsaspecten anders dan LCA, LNC en kosten waarmee tijdens het ontwerp rekening gehouden moet worden hieronder kan de beschrijving van de beoordelingsaspecten (maximaal 10) worden vastgesteld het eerste beoordelingsaspect "Arbo" kan niet gewijzigd worden; arbo-aspecten moeten altijd in de beoordeling worden meegenomen

1	Arbo	Eigen omschrijving
2	- Niet van toepassing	Omschrijving 1
3	- Niet van toepassing	Omschrijving 2
4	- Niet van toepassing	Omschrijving 3
5	- Niet van toepassing	Omschrijving 4
6	- Niet van toepassing	Omschrijving 5
7	- Niet van toepassing	Omschrijving 6
8	- Niet van toepassing	Omschrijving 7
9	- Niet van toepassing	Omschrijving 8
10	- Niet van toepassing	Omschrijving 9

# Keuzemodel kust- en oeverwerken - Geometrisch dwarsprofiel

Ge naar variant **1** **2** **3** **4**

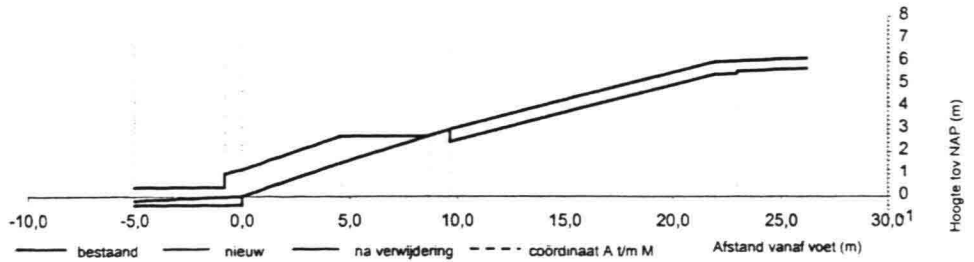
Weergegeven ontwerpvariant:

Invoer

Volume nieuw boven bestaand 11 m<sup>3</sup>  
 Volume bestaand boven nieuw 0 m<sup>3</sup>

Kopieer de gegevens van

voor bewerking naar invoer:



Invoer buitenlijn

Bestaand

Afstand tot voet (m)	-5,00	0,00	2,10	4,58	9,68	18,70	20,75	21,98	22,98	25,98
Hoogte NAP (m)	-0,20	0,00	0,70	1,50	3,00	5,20	5,70	6,00	6,04	6,16

Invoer buitenlijn

Nieuw

Kopieer deze gegevens naar ontwerpvariant: **1** **2** **3** **4**

Coördinaat	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Segment	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Afstand tot voet (m)	-5,00	-0,80	-0,80	0,00	0,00	4,58	8,70	9,68	9,68	21,98	22,98	22,98	26,23
Hoogte NAP (m) nieuw	0,40	0,40	1,00	1,20	1,20	2,70	2,70	3,00	3,00	6,00	6,04	6,04	6,17
Dikte materiaalpakket nieuw (m)	0,80	0,80	1,40	1,60	1,20	1,20	0,00	0,00	0,55	0,55	0,55	0,46	0,46
Hoogte NAP (m) na verwijdering	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40	0,00	1,50	2,70	3,00	2,45	5,45	5,49	5,58	5,71
Toelichting bij	1 60/300	3 300/1000	5 300/1000	7 300/1000	9 beton/steenslag	11 beton/steenslag							
materiaal in segment	2 60/300	4 300/1000	6 300/1000	8	0 beton/steenslag	12 GAB/ff							

## Overzicht gegevens ontwerpvarianten

Ontwerpvariant 1

Overlaging

Coördinaat	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Segment	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Afstand tot voet (m)	-5,00	-0,80	-0,80	0,00	0,00	4,58	8,70	9,68	9,68	21,98	22,98	22,98	26,23
Hoogte NAP (m) nieuw	0,40	0,40	1,00	1,20	1,20	2,70	2,70	3,00	3,00	6,00	6,04	6,04	6,17
Dikte materiaalpakket nieuw (m)	0,80	0,80	1,40	1,60	1,20	1,20	0,00	0,00	0,55	0,55	0,55	0,46	0,46
Hoogte NAP (m) na verwijdering	-0,40	-0,40	-0,40	-0,40	0,00	1,50	2,70	3,00	2,45	5,45	5,49	5,58	5,71
Toelichting bij	1 60/300	3 300/1000	5 300/1000	7 300/1000	9 beton/steenslag	11 beton/steenslag							
materiaal in segment	2 60/300	4 300/1000	6 300/1000	8	0 beton/steenslag	12 GAB/ff							

21,3 m<sup>3</sup> nieuw  
10,4 m<sup>3</sup> te verwijderen

Ontwerpvariant 2

Gepen. breuksteen

Coördinaat	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Segment	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Afstand tot voet (m)	-5,00	0,00	0,00	4,58	4,83	9,68	9,68	21,98	22,98	22,98	26,23		
Hoogte NAP (m) nieuw	0,40	0,40	0,40	1,90	1,90	3,00	3,00	6,00	6,04	6,04	6,17		
Dikte materiaalpakket nieuw (m)	0,80	0,80	0,40	0,40	0,00	0,00	0,40	0,40	0,40	0,46	0,46		
Hoogte NAP (m) na verwijdering	-0,40	-0,40	0,00	1,50	1,57	3,00	2,60	5,60	5,64	5,58	5,71		
Toelichting bij	1 60/300	3 5/40	5 5/40	7 basalt/steenslag	9 basalt/steenslag	11 GAB/ff							
materiaal in segment	2 60/300	4 5/40	6	8 basalt/steenslag	0 GAB/ff	12							

13,5 m<sup>3</sup> nieuw  
8,3 m<sup>3</sup> te verwijderen

Ontwerpvariant 3

Gekantelde blokken

Coördinaat	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Segment	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Afstand tot voet (m)	-5,00	0,00	0,00	4,58	4,83	9,68	9,68	13,78	13,78	21,98	22,98	22,98	26,23
Hoogte NAP (m) nieuw	0,40	0,40	0,40	1,90	1,90	3,00	3,00	4,00	4,00	6,00	6,04	6,04	6,17
Dikte materiaalpakket nieuw (m)	0,80	0,80	0,40	0,40	0,00	0,00	0,60	0,60	0,40	0,40	0,40	0,46	0,46
Hoogte NAP (m) na verwijdering	-0,40	-0,40	0,00	1,50	1,57	3,00	2,40	3,40	3,60	5,60	5,64	5,58	5,71
Toelichting bij	1 60/300	3 5/40	5 5/40	7 gek Betonbl	9 basalt/steenslag	11 basalt/steenslag							
materiaal in segment	2 60/300	4 5/40	6	8 gek Betonbl	0 basalt/steenslag	12 GAB/ff							

14,3 m<sup>3</sup> nieuw  
9,2 m<sup>3</sup> te verwijderen

Ontwerpvariant 4

Asfalt

Coördinaat	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
Segment	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Afstand tot voet (m)	-5,00	0,00	0,00	9,68	9,68	21,15	21,15	21,98	22,98	22,98	22,98	25,23	
Hoogte NAP (m) nieuw	0,40	0,40	0,00	3,00	3,00	5,75	5,75	6,00	6,04	6,04	6,04	6,13	
Dikte materiaalpakket nieuw (m)	0,80	0,80	0,50	0,50	0,20	0,20	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	
Hoogte NAP (m) na verwijdering	-0,40	-0,40	-0,50	2,50	2,80	5,55	5,29	5,54	5,58	5,58	5,58	5,67	
Toelichting bij	1 60/300	3 10/60 v&z	5 WBAB	7 WBAB/H	9 WBAB/H	11 GAB/ff							
materiaal in segment	2 60/300	4 10/60 v&z	6 WBAB	8 WBAB/H	0 WBAB/H	12 GAB/ff							

13,4 m<sup>3</sup> nieuw  
11,6 m<sup>3</sup> te verwijderen













Geef hiernaast voor de verschillende LNC-aspecten met een "x" de verandering in de opbouw van de bestaande situatie. Hiervoor wordt gebruik in 7 stappen van "-" tot "+".

	Bestaande situatie	Verandering	Verandering	Verandering	Verandering	Verandering	Verandering
Landschap	x						
samenhang waarnaar bestaande							
samenhang vorm en functie							
afleesbaarheid							
afleesbaarheid							
visuele samenhang							
Natuur							
kenmerkendheid							
zeldzaamheid							
diversiteit							
aanrijfbaarheid							
aanrijfbaarheid							
aanrijfbaarheid							
zeldzaamheid							
afleesbaarheid							
samenhang							
kenmerkendheid							
symbool							

Overige aspecten

Geef hiernaast voor de overige aspecten met een "x" de verandering weer ten opzichte van de bestaande situatie. Hiervoor wordt een schaal gebruikt in 7 stappen van "-" tot "+".

	Bestaande situatie	Verandering	Verandering	Verandering	Verandering	Verandering	Verandering
Altoe							

U heeft geen waardering ingevoerd!

Nationaal Park Duurzaam Bouwen Grond, Weg en Waterbouw

De constructie voldoet aan de volgende constructie- en materiaalgebonden maatregelen:

vast: G005, G020, G021 en G065



LNC

Geef hermaat voor de verschillende LNC-aspecten met een "x" de verandering weer ten opzichte van de bestaande situatie, voor wordt in schaal gebruikt in 7 stappen van "-,-" tot "+,+".

	1 Slecht verstoort	2 Slecht verstoort	3 Verstoort	4 Slecht verstoort	5 Verstoort	6 Slecht verstoort	7 Slecht verstoort
Landschap samenhang waarneembaar samenhang vorm en functie afleesbaarheid naar systeem afleesbaarheid omkasting visuele samenhang	X	X	X	X	X	X	X
Natuur kenmerkendheid zelfzaamheid diversiteit karakteristiek vervongbaarheid Cultuurhistorie historische waarde aesthetische samenhang kenmerkendheid symboliek	X	X	X	X	X	X	X

Overige aspecten

	1 Slecht verstoort	2 Slecht verstoort	3 Verstoort	4 Slecht verstoort	5 Verstoort	6 Slecht verstoort	7 Slecht verstoort
Arbo	X	X	X	X	X	X	X

Geef hermaat voor de overige aspecten met een "x" de verandering weer ten op zichte van de bestaande situatie. Hiervoor wordt een schaal gebruikt in 7 stappen van "-,-" tot "+,+".

Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen Grond-Weg en Waterbouw

De constructie voldoet aan de volgende constructie- en materiaalgebonden maatregelen vast G005, G020, G021 en G065

## Keuzemodel kust- en oeverwerken - Weging

### Weging LCA - hoofdcriteria

het gaat hier om de wegingsfactoren die gebruikt worden voor de afweging van de 3 hoofdcriteria van de LCA de meeste subcriteria zijn zonder weging op te tellen tot deze 3 hoofdcriteria behalve stank en uitputting van biotische en bulk grondstoffen

voor de LCA wordt gebruik gemaakt van de Eco-indicator 99 (H) methode  
aanbevolen wordt om gebruik te maken van de gemiddelde weegset (EI99(A)) uit deze methode

weegset: Aanbevolen (EI99(A)) ▼

Humane gezondheid	40%	30
Ecosysteemkwaliteit	40%	20
Grondstoffen	20%	10

### Weging LNC - waarden, hoofdcriteria en subcriteria

het gaat hier in eerste instantie om de LNC-waarden waarmee tijdens het ontwerp rekening gehouden moet worden alleen de LNC-waarden die betrekking hebben op het profielniveau kunnen meegenomen worden LNC-waarden die spelen op regionaal of traject niveau kunnen niet door het keuzemodel beoordeeld worden hieronder kan de weging van de hoofdcriteria en de onderlinge weging van de subcriteria worden vastgesteld er is geen aanbevolen standaard weegset

bij de weging gaat het in eerste instantie om de LNC-waarden waarmee tijdens het ontwerp rekening gehouden moet worden daarnaast moeten ook waarden die inherent zijn aan een constructievariant beoordeeld worden het is derhalve af te raden het (onderlinge) gewicht op nul te zetten, deze waarden worden anders namelijk niet meer beoordeeld

Relatieve gewicht van de LNC sub- en hoofdcriteria en waardering van bestaande elementen

	gewicht LNC	onderlinge gewicht subcriteria	eventuele toelichting beoordeelde subcriteria						
Landschap	10	<table border="1" style="display: inline-table;"> <tr><td>10</td></tr> <tr><td>10</td></tr> <tr><td>10</td></tr> <tr><td>10</td></tr> <tr><td>10</td></tr> </table>	10	10	10	10	10	samenhang waareembare elementen en patronen samenhang vorm en functie afleesbaarheid natuurlijk systeem afleesbaarheid ontwikkelingsgeschiedenis visuele samenhang	
10									
10									
10									
10									
10									
Natuur	10	<table border="1" style="display: inline-table;"> <tr><td>10</td></tr> <tr><td>10</td></tr> <tr><td>10</td></tr> <tr><td>10</td></tr> <tr><td>10</td></tr> </table>	10	10	10	10	10	kenmerkendheid zeldzaamheid diversiteit kansrijkheid vervangbaarheid	
10									
10									
10									
10									
10									
Cultuurhistorie	10	<table border="1" style="display: inline-table;"> <tr><td>10</td></tr> <tr><td>10</td></tr> <tr><td>10</td></tr> <tr><td>10</td></tr> <tr><td>10</td></tr> </table>	10	10	10	10	10	zeldzaamheid authenticiteit samenhang kenmerkendheid symboliek	
10									
10									
10									
10									
10									

berekende weegset:

Landschap	33%
Natuur	33%
Cultuurhistorie	33%

### Overige beoordelingsaspecten

hieronder kan de onderlinge weging van de overige beoordelingsaspecten worden vastgesteld criteria die niet benoemd zijn op het tabblad basisgegevens worden niet in de beoordeling meegenomen

	gewicht	weegset	eventuele toelichting
Arbo	10	100%	
-	10	-	
-	10	-	
-	10	-	
-	10	-	
-	10	-	
-	10	-	
-	10	-	
-	10	-	
-	10	-	

## Keuzemodel kust- en oeverwerken - Resultatenoverzicht

Alle gegevens zijn per strekkende meter constructie. De vergelijking is op basis van een constructielevensduur van 50 jaar.  
Bij alle criteria geldt: des te hoger de score, des te slechter het resultaat

### LCA, LNC en overige criteria

Hieronder zijn de per constructie de eindresultaten per criterium weergegeven. Deze scores zijn al genormaliseerd en gewogen met de weegfactoren voor LCA, LNC en overige criteria. Een meer gedetailleerd overzicht van de afzonderlijke scores van de (on)gewogen subcriteria staat op het tabblad resultaten detail.

Eindscore

Criterium	Constructie			Aantal
	Overlaging			
LCA	0,22	0,09	0,07	0,17
LNC	113	115	118	127
overige	150	100	200	75

Datakwaliteit	Constructie			
	Overlaging			Aantal
betrouwbaarheid				
LCA	85%	83%	84%	84%
LNC	100%	100%	100%	100%
overige	100%	100%	100%	100%
volledigheid				
LCA	71%	71%	71%	70%
LNC	100%	100%	100%	100%
overige	100%	100%	0%	100%

Gebruikte weegsets op hoofdcriteria:

LCA: Humane gezondheid 40%, Eco-systeemkwaliteit 40%, Grondstoffen 20%  
LNC: Landschap 33%, Natuur 33%, Cultuurhistorie 33%  
overige: Alleen arbo voor 100%

Bij de normalisatie en weging van de LCA-criteria zijn een aantal subcriteria buiten beschouwing gelaten. De (eventuele) score hiervan is dus niet meegewogen. Het gaat om de volgende criteria: geluid, stank, uitputting biotische grondstoffen en uitputting bulkgrondstoffen.

## Kosten

De kosten hieronder zijn berekend met een discontovoet van 4,75 %, een prijsindexcijfer van 100.  
Staartkosten en BTW zijn niet in de beschouwing meegenomen.

Netto contante waarde

	Constructie			
	Overlaging			Aantal
Matenaal inclusief aanbrengen	1.355	2.505	1.833	724
Vervangingen	-	-	-	-
Onderhoudskosten	54	156	111	3
Sloopkosten	32	25	27	27
Restwaarde	-	-	-	-
Bijkomende kosten	-	-	-	-
Totaal over levensduur	1.441	2.687	1.971	754

Afschrijven en reserveren in jaar 0

	Constructie			
	Overlaging			Aantal
	27	50	37	14
	-	-	-	-
	1	3	2	0
	1	1	1	1
	-	-	-	-
	-	-	-	-
Totaal	29	54	39	15

## Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen Grond-, Weg- en Waterbouw

Er is alleen beoordeeld aan welk deel van de matenaal- en constructiegebonden maatregelen de constructies voldoen.  
De maatregelen die betrekking hebben op de voorbereiding van het project, of het beheer nadereind zijn niet beoordeeld.

Aandeel

	Constructie			
	Overlaging			Aantal
voldaan				
Vast	29%	29%	29%	29%
Vanabel	0%	0%	5%	0%

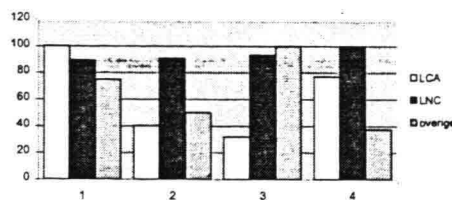
## Optionele multicriteria-analyse

De multicriteria-analyse (MCA) is een instrument waarmee de eindscores van de verschillende beoordelingsaspecten ten opzichte van elkaar gewogen kunnen worden. De MCA is optioneel. De verschillende constructies kunnen ook worden afgewogen door gebruik te maken van het overzicht van de resultaten per constructie.  
Om de hier weergegeven scores binnen een MCA met elkaar te kunnen vergelijken is het nodig om de gegevens in vergelijkbare eenheden uit te drukken. Dit is gedaan door per criterium de score te delen door de maximale score van de alternatieven.  
Het alternatief met de slechtste score is daarbij op 100 gezet. De andere alternatieven zijn ten opzichte van hiervan geïndexeerd.  
Er is geen aanbevolen standaard weegset beschikbaar.

Gestandaardiseerde eindscore

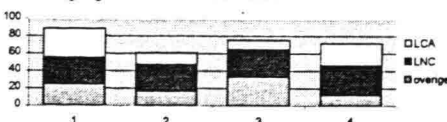
Criterium	Relatief gewicht	Berekende weegset	Constructie			
			Overlaging			Aantal
LCA	10	33%	100	40	32	77
LNC	10	33%	89	91	93	100
overige	10	33%	75	50	100	38
Gewogen gestandaardiseerd			88	60	75	71

Gestandaardiseerde eindscore



Welk alternatief als beste uit de MCA komt is sterk afhankelijk van de gebruikte standansatie methode en de wegingsmethode. Voor de MCA hierboven is uitgegaan van de gewogen gesommeerde methode.

Gewogen gestandaardiseerde eindscore



## Keuzemodel kust- en oeverwerken - Resultaten in detail

Alle gegevens zijn per strekkende meter constructie. De vergelijking is op basis van een constructielevensduur van 50 jaar.  
 Bij alle criteria geldt: des te hoger de score, des te slechter het resultaat.

### LCA

Criterium	Eenheid	Constructie			
		Overlating			Aantal
Humane gezondheid (verschil geluid vs. stank)	DALY	2.6E-03	6.6E-04	5.5E-04	8.2E-04
Carcinogenen	DALY	6.3E-05	2.2E-05	2.1E-05	3.2E-05
Respiratie organisch	DALY	3.5E-06	2.5E-06	2.0E-06	5.5E-06
Respiratie anorganisch	DALY	1.6E-03	4.7E-04	4.0E-04	6.9E-04
Klimaatverandering	DALY	9.7E-04	1.6E-04	1.2E-04	1.9E-04
Straling	DALY	1.0E-06	7.9E-08	5.4E-08	6.5E-08
Ozonlaag	DALY	3.2E-07	1.5E-07	1.5E-07	1.9E-07
Geluid	DALY	1.9E+00	2.3E+00	1.8E+00	1.8E+00
Stank	m <sup>3</sup>	2.5E+06	8.3E+06	4.6E+06	1.1E+07
Ecosysteemkwaliteit	PDF*m <sup>2</sup> /yr	5.8E+02	2.4E+02	2.0E+02	2.8E+02
Ecotoxiceit	PDF*m <sup>2</sup> /yr	2.8E+02	1.7E+02	1.4E+02	2.0E+02
Verzuring/vermesting	PDF*m <sup>2</sup> /yr	6.2E+01	2.4E+01	2.0E+01	3.2E+01
Landgebruik	PDF*m <sup>2</sup> /yr	2.2E+02	5.1E+01	3.5E+01	4.8E+01
Grondstoffen	MJ surplus	4.6E+03	2.2E+03	1.7E+03	3.2E+03
Mineralen	MJ surplus	4.4E-01	2.4E-01	2.5E-01	3.7E-01
Fossiele brandstoffen	MJ surplus	4.6E+03	2.2E+03	1.7E+03	5.2E+03
Bulkgrondstoffen	-	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00
Biologische grondstoffen	1/yr	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00	0.0E+00

Datakwaliteit	Constructie			
	Overlating			Aantal
ongewogen				
Betrouwbaarheid	85%	83%	84%	84%
Volledigheid	81%	81%	81%	80%

Effecten t.g.v. wegverkeer  
 Lucht verontreiniging tot aan de geurdrempel

Bij de normalisatie en weging van de LCA-criteria zijn een aantal subcriteria buiten beschouwing gelaten. De (eventuele) score hiervan is dus niet meegewogen. Het gaat om de volgende criteria: geluid, stank, uitputting biologische grondstoffen en uitputting bulkgrondstoffen.  
 De scores zijn opgeteld voor de drie hoofdcriteria. Vervolgens zijn ze genormaliseerd op basis van de normalisatiewaarden zoals die horen bij de Eco-indicator 99 methode (hiërarchisch perspectief).

#### Genormaliseerde score

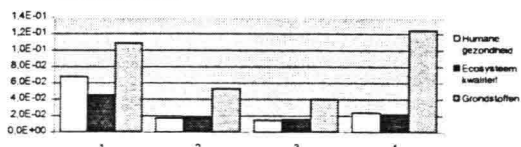
Criterium	eenheid	weging	Constructie			
			Overlating			Aantal
Humane gezondheid	DALY	40%	1.68E-01	4.27E-02	3.58E-02	5.95E-02
Ecosysteemkwaliteit	PDF*m <sup>2</sup> /yr	40%	1.1E-01	4.7E-02	3.9E-02	5.5E-02
Grondstoffen	MJ surplus	20%	5.4E-01	2.6E-01	2.0E-01	6.2E-01
Gewogen genormaliseerde score			2.2E-01	8.9E-02	7.0E-02	1.7E-01

#### Gewogen genormaliseerde score

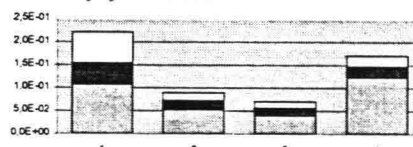
Datakwaliteit	Constructie			
	Overlating			Aantal
gewogen				
Betrouwbaarheid	85%	83%	84%	84%
Volledigheid	71%	71%	71%	70%

Doordat een aantal criteria niet in de beoordeling is meegenomen is de ongewogen volledigheid van Humane gezondheid en Grondstoffen beperkt tot maximaal 75%. Uiteindelijk leidt dit tot de bovenstaande gewogen scores.

#### Genormaliseerde score



#### Gewogen genormaliseerde score



### LNC

De criteria zijn beoordeeld op een relatieve schaal van sterk verbeterd (++) tot sterk verslechterd (-), ongewijzigd is 'o'.

Criterium	rel. weging	Constructie			
		1	2	3	4
Landschap					
samenhang waarneembaar	20%	-	--	--	--
samenhang vorm en functie	20%	-	o	o	o
afleesbaarheid nat. systeem	20%	- / o	-	-	--
afleesbaarheid ontwikkeling	20%	o	o	o	o
visuele samenhang	20%	o	- / o	o	o
Natuur					
kenmerkendheid	20%	o	o	o	o
zeldzaamheid	20%	- / o	- / o	-	--
diversiteit	20%	o / +	o	- / o	-
kansrijkheid	20%	- / o	- / o	-	--
vervangbaarheid	20%	o	o	o	o
Cultuurhistorie					
zeldzaamheid	20%	o	o	o	o
authenticiteit	20%	o	o	o	o
samenhang	20%	o	o	o	o
kenmerkendheid	20%	-	- / o	- / o	-
symboliek	20%	o	o	o	o

Datakwaliteit	Constructie			
	1	2	3	4
ongewogen				
Betrouwbaarheid	100%	100%	100%	100%
Volledigheid	100%	100%	100%	100%



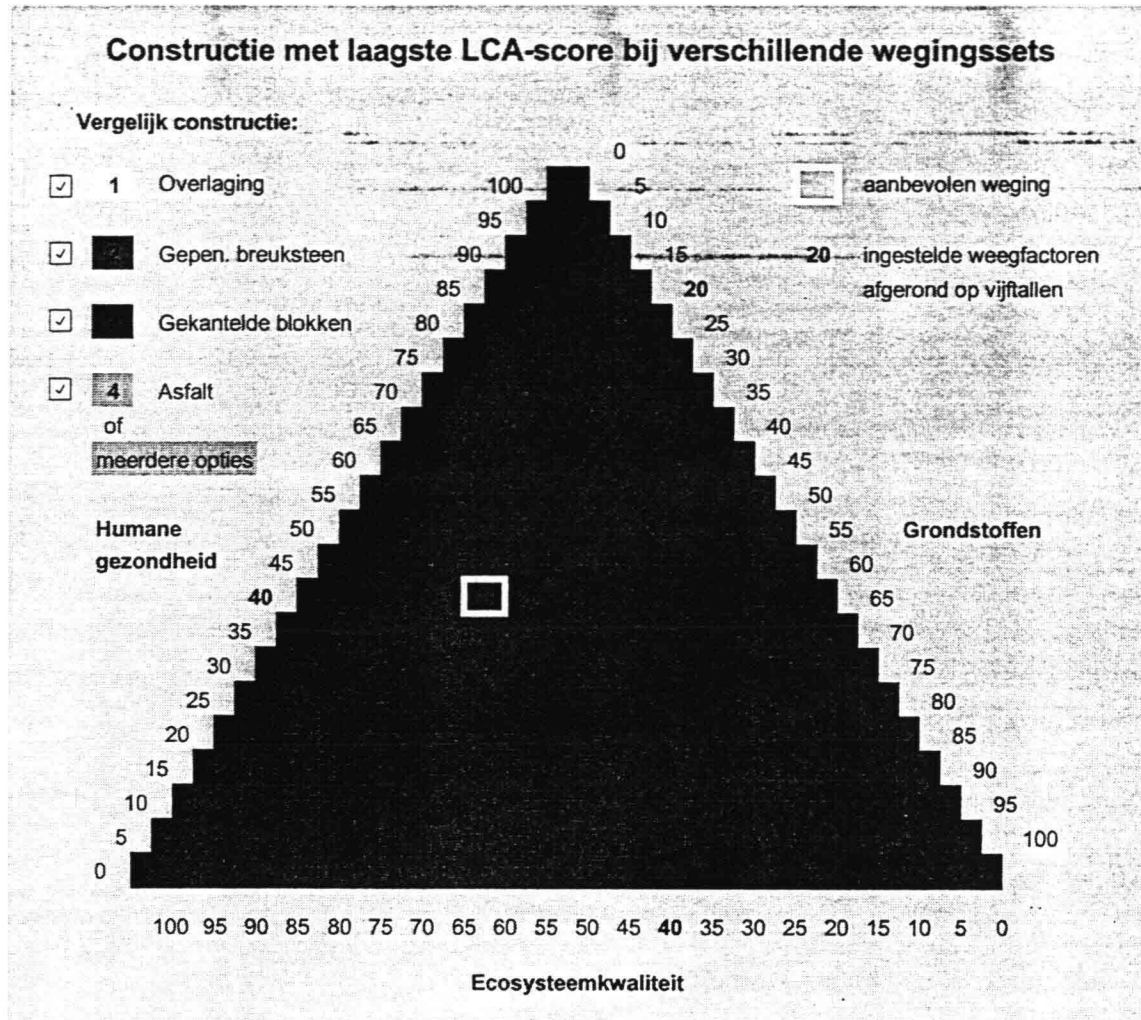


## Keuzemodel kust- en oeverwerken - Analyse gebruikte weegset LCA

Ongewogen genormaliseerd	gebruikte weegset	Constructie			
		1	2	3	4
Humane gezondheid	40%	0,17	0,04	0,04	0,06
Ecosysteemkwaliteit	40%	0,11	0,05	0,04	0,05
Grondstoffen	20%	0,54	0,26	0,20	0,62

Een toelichting treft u onderaan de figuur

Hiernaast zijn de scores op hoofdcriteria te zien van de beoordeelde ontwerpvarianten. De gebruikte weegset is hiernaast en -onder in rood weergegeven.



### Toelichting gebruik weegdriehoek

In de driehoek zijn alle mogelijke weegsets weergegeven waarmee de drie genoemde hoofdcriteria gewogen kunnen worden. Vervolgens is voor elke weegset berekend en in kleur en cijfers weergegeven welke van de linksbovenaan geselecteerde ontwerpvarianten als laagste (en daarmee als beste) scoort. Met de groene kleur wordt zowel weergegeven dat variant 4 de laagste score heeft als de situatie waarin verschillende varianten dezelfde beste score hebben. Rechtsbovenaan is aangegeven hoeveel ontwerpvarianten er maximaal zijn die dezelfde beste score hebben.

Met het witte vierkant is de aanbevolen weegset voor de LCA-beoordeling aangegeven. Met de rode cijfers is aangegeven welke weegset (afgerond op vijftallen) door u is gebruikt. De ontwerpvariant die het beste scoort bij deze weegset vindt u op het kruispunt van de lijnen vanaf de rode scores. Vanaf links gaat u horizontaal naar rechts, vanaf rechts schuin naar linksonder parallel aan de linkerzijlijn en vanaf de onderzijde schuin naar linksboven parallel aan de rechterzijlijn.

### Toelichting op weergegeven resultaat >>



# Keuzemodel kust- en oeverwerken - Nationaal Pakket DuBo GWW

## Maatregelenlijst Nationaal Pakket Duurzaam Bouwen Grond-, Weg- en Waterbouw Alleen de maatregelen die van toepassing zijn voor de waterbouw

code	omschrijving maatregel	vast	variabel	fase	1: Overlaging	2: Gepe- breuksteen	3: Gekantele blokken	4: Asfalt
	Percentage materiaal- en constructiegebonden maatregelen waaraan is voldaan	X	X	matenaalgebruik en constructie	29% 0%	29% 0%	29% 5%	29% 0%
G001	Baseer het bouwplan op een gesloten grondbalans		X	constructie				
G002	Bescherm aanwezige landschaps-, natuur- en cultuurhistorische waarden tijdens werkzaamheden	X		constructie				
G003	Gebruik geluid-, geur-, stof- en trillingsarme uitvoeringsmethoden		X	constructie				
G004	Ontwikkel nieuwe verbindingzones voor flora en fauna		X	constructie				
G005	Zorg dat de bij reconstructie, onderhoud en sloop van objecten vrijkomende materialen geschikt zijn voor de technisch meest hoogwaardige vorm van hergebruik	X		constructie	X	X	X	X
G006	Ontwerp civiele werken zodanig dat geschikte vestigings- en verblijfplaatsen voor flora en fauna ontstaan		X	constructie				
G007	Creer passagemogelijkheden voor fauna		X	constructie				
G009	Voer natuurtechnisch beheer uit voor het gehele (dijk)profiel		X	beheer				
G010	Laat bij watergangen natuurlijke processen hun gang gaan en herstel natuurlijke profielen		X	constructie				
G011	Pas in cementbetonwegen, betonelementenverhardingen en funderingslagen uitgevoerd in beton secundaire grondstoffen (toeslagmaterialen) toe		X	matenaalgebruik				
G012	Pas in beton voor kunstwerken secundaire grondstoffen (toeslagmaterialen) toe		X	matenaalgebruik				
G013	Pas in ophogingen en aanvullingen secundaire materialen toe		X	matenaalgebruik				
G015	Stem de duurzaamheidsklasse van het hout per geval af op de beoogde toepassing	X		constructie				
G016	Indien hout wordt toegepast, pas dan duurzaam geproduceerd hout toe		X	matenaalgebruik				
G017	Realiseer natuurvriendelijke oevers		X	constructie				
G018	Stel een beheerplan op voor groenvoorzieningen	X		beheer				
G019	Stel een inrichtings- en inpassingsplan op voor civieltechnische en/of cultuurtechnische werken	X		constructie				
G020	Pas in wegverhardingen secundaire materialen toe	X		matenaalgebruik	X	X	X	X
G021	Pas in asfaltverhardingen secundaire materialen toe	X		matenaalgebruik	X	X	X	X
G024	Gebruik secundair materiaal voor de bekleding van oevers		X	matenaalgebruik			X	
G029	Voer maatwerkzaamheden zodanig uit dat de aanwezige fauna kans heeft zich te handhaven en de diversiteit van de vegetatie niet afneemt		X	beheer				
G030	Beperk het afvoeren van groenrestproducten		X	beheer				
G032	Zorg voor afstemming met andere werken op of nabij de locatie van het werk		X	voorbereiding				
G035	Pas bij onderhoud materialen toe die afgestemd zijn op de verwachte (rest)levensduur van de totale constructie	X		constructie				
G037	Stel een milieuzorgplan verplicht bij de uitvoering van werken		X	constructie				
G053	Minimaliseer de uitvoeringstijd en het ruimtebeslag van een werk, teneinde overlast te beperken		X	constructie				
G056	Gebruik voor beton waar dit mogelijk is klinkerarme cementsoorten		X	matenaalgebruik				
G057	Pas een open planproces toe		X	voorbereiding				
G058	Gebruik tijdens de uitvoering ontkistingsmiddelen op plantaardige basis; gebruik deze producten zuinig	X		constructie				
G059	Inventariseer de natuurlijke, landschappelijke, cultuurhistorische en archeologische waarden in de omgeving van het GWW-object		X	voorbereiding				
G060	Integreer de bekistingsfunctie in de constructie		X	constructie				
G061	Optimaliseer de levensduur door planmatig onderhoud	X		beheer				
G063	Gebruik bij oeverbeschoeiingen vernieuwbare of gerecyclede materialen	X		matenaalgebruik				
G064	Gebruik voor oever- en bodembeschermingen zink- en kraagstukken van vernieuwbare grondstoffen		X	matenaalgebruik				
G065	Zorg dat de onderdelen van civiele werken herbruikbaar zijn	X		constructie	X	X	X	X
G066	Gebruik gras als bekleding van dijken	X		matenaalgebruik				
G067	Win herbruikbaar zand uit verontreinigde baggerspecie		X	matenaalgebruik				
G068	Voorcom overdimensionering door toepassen van risicoanalyse/ probabilistisch ontwerpen		X	voorbereiding				
G069	Hergebruik waterbouwkundige elementen		X	constructie				
G070	Gebruik in zoute wateren bekledingsblokken voor glooiingen met een aangepaste, aangroerbare toplaag ('ecoblokken')		X	matenaalgebruik				
G071	Voer grondwerk natuurtechnisch uit		X	constructie				
G072	Maak gebruik van verdedigende eigenschappen van oeverplanten in oeverbeschermingen	X		matenaalgebruik				
G087	Pas zoveel mogelijk vernieuwbare grondstoffen toe		X	matenaalgebruik				
G088	Veranker duurzaam bouwen in de projectorganisatie		X	voorbereiding				





De Dienst Weg- en Waterbouwkunde is de adviesdienst van Rijkswaterstaat voor techniek en milieu voor de weg- en waterbouw.

De dienst adviseert, onderzoekt en draagt kennis over in de constructieve weg- en waterbouw, de natuur- en milieutechniek van fysieke infrastructuur, waterkeringen en watersystemen, en de grondstoffenvoorziening voor de bouw, inclusief de milieu-aspecten.

Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Rijkswaterstaat,

Postadres: Postbus 5044  
2600 GA Delft

Bezoekadres: Van der Burghweg 1  
2628 CS Delft,

telefoon (015) 251 83 08

Telefax: (015) 251 85 55

E-mail: [dwwmail@dww.rws.minvenw.nl](mailto:dwwmail@dww.rws.minvenw.nl)

Internet: [www.minvenw.nl/rws/dww/home/](http://www.minvenw.nl/rws/dww/home/)

DWW-2001-051